INITIATION AUX CIRCUITS ÉLECTRIQUES ET LOI D'OHM

Buts

Monter et schématiser quelques circuits électriques.

Observer le comportement d'une résistance au carbone et celui du filament métallique d'une ampoule électrique en fonction des variations du courant électrique.

Utiliser adéquatement un multimètre numérique.

Évaluer l'incertitude sur la lecture à l'aide du multimètre.

Calculer correctement une résistance électrique en utilisant une pile, un milliampèremètre et un voltmètre.

Vérifier les lois d'association des résistances groupées en série et en parallèle.

Matériel à vérifier ou à venir chercher en avant

2 Multimètres numériques dont un identifié Ampèremètre
Batterie de piles (4 de 1,5 V)
Pile de 6,0 V
Ampoules électriques (une blanche, une verte)
Diodes électroluminescentes (DEL)
Résistances au carbone (2)
Planchette munie de plusieurs bornes de contact
Fils de raccordement
Interrupteur

La planchette est munie de bornes que vous pouvez dévisser afin d'introduire dans le trou qui apparaît alors, les fils ou bornes de certains composants.électriques.

Lab No 1
Montage : ____ NfAp : _____

Théorie

Un circuit électrique est un agencement d'éléments (certains sont actifs comme une pile et d'autres passifs comme une résistance, un ampèremètre ou un voltmètre) qui permettent et contrôlent le passage du courant électrique. On représente habituellement de tels circuits à l'aide de diagrammes dans lesquels les divers composants sont représentés par des symboles graphiques.

1. Courant électrique :

La circulation des charges électriques à l'intérieur des composants donne naissance au courant électrique : ce dernier varie selon la tension appliquée et la résistance du circuit.
Une analogie hydraulique permet de se représenter courant, tension et résistance électriques. On considère le courant électrique comme de l'eau qui circule à l'intérieur de tuyaux (fils électriques). La résistance électrique est semblable au frottement ou aux obstacles qui ralentissent et contrôlent la circulation du fluide dans les tuyaux. La tension électrique se compare à la différence de pression entre différents points du tuyau : plus la différence de pression sera élevée, plus le débit sera grand. Une pompe permet de maintenir une différence de pression dans un fluide ; en électricité, une pile permet une action analogue, i.e. maintient une différence de tension à ses bornes et engendre la circulation des charges électriques. On définit le courant (exprimé en ampère avec symbole A) comme

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

2. Différence de potentiel :

Une pile est une source d'énergie. Quand une pile fournit de l'énergie à un circuit, son énergie potentielle diminue. Quand une charge positive q passe de la borne positive à la borne négative de la pile, la diminution d'énergie potentielle ΔU est reliée à la différence de potentiel ΔV (exprimée en volt dont le symbole est V) entre les deux bornes de la pile par :

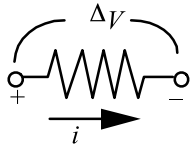
$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$$

3. Résistance :

La plupart des conducteurs opposent une certaine résistance au passage du courant électrique (sauf les supraconducteurs).

On définit la résistance électrique R de tout élément d'un circuit, ou ensemble d'éléments, comme le quotient de la différence de potentiel ΔV appliquée entre ses deux extrémités par l'intensité de courant total i qui le traverse.

Le symbole d'une résistance est :

Par définition : $R = \frac{\Delta V}{i}$ 

La résistance électrique s'exprime en ohm (Ω) :

$$1\ \Omega = \frac{1\ \text{Volt}}{1\ \text{Ampère}}$$

On utilise souvent les multiples suivants: 1 kΩ =10^3Ω et 1MΩ = 10^6 Ω.

4. Loi d'Ohm :

Lorsque, pour un conducteur donné, le rapport $\Delta V/i$ est indépendant de ΔV ou i (à température constante), on dit que ce conducteur est du type **ohmique**, ou encore qu'il obéit à la loi d'Ohm.

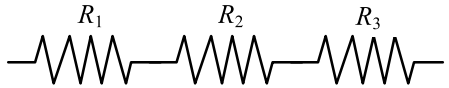
Cela revient à dire qu'à l'échelle microscopique, la résistivité du conducteur est indépendante du champ électrique appliqué ou de la densité de courant locale.

Il est entendu que la résistance d'un conducteur obéissant à la loi d'Ohm peut varier en fonction de la température. Nous y reviendrons

Les conducteurs métalliques obéissent en général à la loi d'Ohm.

5. Loi d'association des résistances :

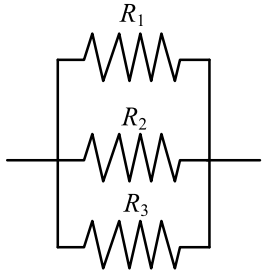
En série :



La résistance équivalente $R_{éq}$ de résistances placées en série est la somme des résistances.

$$R_{éq} = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots$$

En parallèle :



La résistance équivalente $R_{éq}$ de résistances placées en parallèle obéit à la relation suivante :

$$\frac{1}{R_{éq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots$$

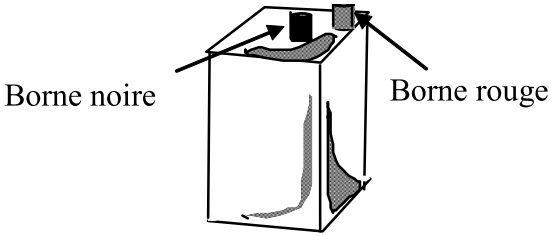
Petit sondage en passant, Vrai ou Faux, dans vos cours de science au secondaire, vous avez déjà vu à au moins une occasion, la notion de courant en ampère (____) celle de la tension électrique en volt (_____) la résistance en ohms (____) et une allusion aux lois d'association des résistances en série et en parallèle (____)?

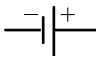
Si vous êtes 2 alors chacun répond SVP (VF) ou (VV) ou (FF) merci

1) **Observation du courant électrique**

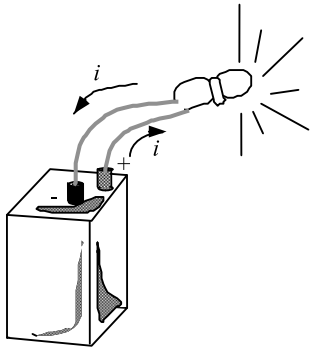
Une pile est un élément capable de faire circuler des charges électriques dans un circuit électrique fermé. Toute pile possède deux bornes : l'une positive (+) et l'autre négative (–). Par **convention**, nous disons que les charges électriques positives quittent la pile par la borne positive (+) et y retournent en entrant par la borne négative (–).

Examinez attentivement la pile de 6,0 V et indiquez clairement la polarité de ses bornes sur le dessin suivant :



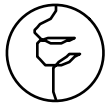
Le symbole  représente une telle pile.

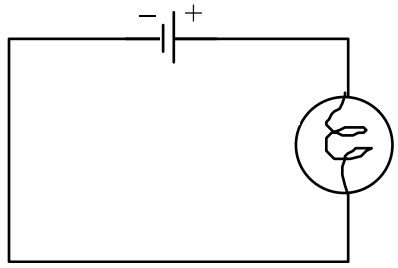
Reliez les extrémités des fils d'une ampoule aux bornes de la pile de 6,0 V. Vous obtiendrez le circuit suivant qui permet de faire briller l'ampoule en y faisant circuler un courant électrique.



Lorsqu'un courant circule dans un composant électrique il se crée une baisse de potentiel (tension) et ce potentiel est plus élevé (polarité +) avant d'entrer et plus bas (polarité -) à la sortie de ce composant. Les polarités sont cependant toujours imposées pour une pile.

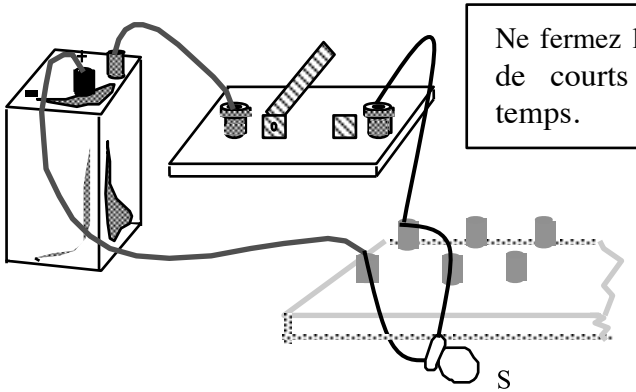
Le diagramme de ce petit circuit peut être représenté ainsi :

 : symbole de l'ampoule

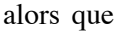
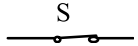


Dans tous les circuits que vous dessinerez à partir de maintenant, indiquez toujours les polarités résultantes pour chaque composant du circuit

L'intensité du courant *i* qui circule dans ce circuit est relativement élevée. Un interrupteur permet de faire circuler ou d'arrêter le courant électrique. En ne fermant l'interrupteur que le temps de l'observation et en l'ouvrant immédiatement après, vous assurerez une plus longue durée de vie à vos piles. Introduisez l'interrupteur afin d'obtenir le circuit suivant :



Ne fermez l'interrupteur que de courts intervalles de temps.

Le symbole d'un interrupteur ouvert est:  alors que celui d'un interrupteur fermé est: 

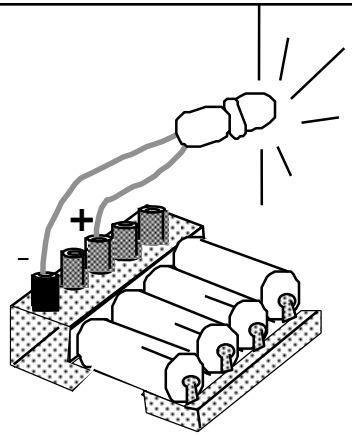
. Dessinez dans l'espace ci-après le diagramme complet du circuit précédent avec les bonnes polarités.

Diagramme du circuit

Changez d'ampoule dans le circuit précédent. La luminosité a-t-elle changé ? Si oui expliquez selon vous pourquoi dans le rectangle suivant ?

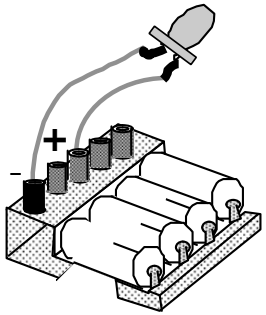
2) Éléments polarisés

Utilisez maintenant les 4 piles de 1,5 V et appliquez à l'ampoule <u>blanche</u> une tension de 3 V, comme ci-dessous :



Inversez les branchements de l'ampoule : le courant circule tout de même et l'ampoule brille de la même façon. L'ampoule est un élément non-polarisé ; on peut la brancher indifféremment dans un sens ou dans l'autre !

Utilisez maintenant la diode électroluminescente (DEL) rouge ou jaune et répétez la même expérience d'inversion **sans toutefois dépasser une tension de <u>3,0 V</u>. Que se produit-il** ? _____



3) Résistances au carbone

Le symbole de la résistance est :

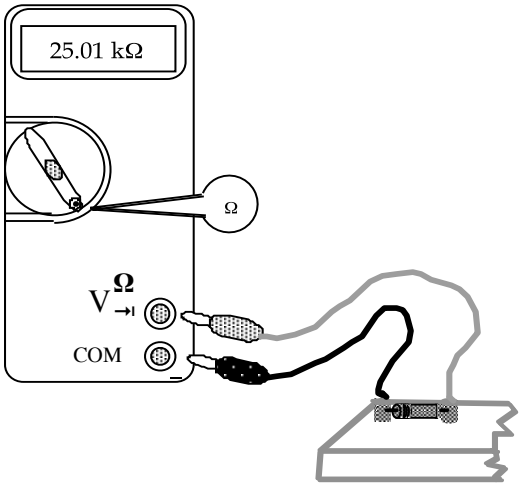
a) Code des couleurs :

Les fabricants de résistances au carbone indiquent les valeurs de celles-ci à l'aide de petites bandes colorées et selon un code de couleur établi (p. 12).

À l'aide des couleurs qui apparaissent sur chacune des deux résistances au carbone, déterminez la valeur de résistance de chacune d'entre elles. Reportez ces valeurs dans le tableau 1 (colonne 1a) **<u>dans l'ordre croissant des valeurs lues. Pour inscrivez les incertitudes absolue (première ligne) et relative (%)</u>**

b) Mesure directe (avec le multimètre numérique) :

Un ohmmètre est un appareil permettant d'effectuer directement des mesures de résistance électrique. Tournez le bouton sélecteur du multimètre numérique en position [Ω]. Les fils de branchement doivent être reliés aux bornes de l'appareil de la façon suivante :



Connectez les fils aux extrémités de la résistance à mesurer et notez la valeur affichée en kΩ ou en Ω. Indiquez aussi les 2 incertitudes de la lecture donnée par l'ohmmètre numérique en comprenant (décodant) bien les consignes qui se trouvent sur la notice du fabricant fournie [soit par le prof ou en annexe à la fin du présent document] [des calculs sont donc requis et indiqués dans le rectangle A sous le tableau]
Reportez ces valeurs à l'endroit approprié dans le tableau 1 (colonne 1)

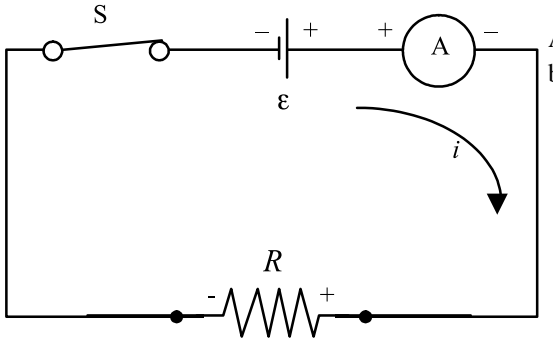
4) Mesure du courant électrique

a) Branchement de l'ampèremètre

Les manipulations précédentes ont permis d'observer quelques effets du passage du courant électrique mais il est parfois essentiel de mesurer ce courant. Un appareil appelé multimètre numérique permet une telle mesure. **Étant un appareil d'une grande fragilité, il faut être très méticuleux lors de son utilisation.**

-- Remarques importantes concernant le branchement de l'ampèremètre --

L'ampèremètre est un appareil qui mesure le courant passant *en un point* d'un circuit électrique. Comme l'ampèremètre mesure en fait le courant qui traverse sa propre résistance interne R_A, il doit donc toujours être branché en série dans le circuit (à la suite) dans une branche, là où l'on veut mesurer le courant. La borne rouge est la borne d'entrée **+** du courant et la borne noire (COM) celle de la sortie - du courant. Un branchement *inverse* vous sera indiqué par une valeur négative à l'écran; dans un tel cas, *rectifier* le branchement pour obtenir une valeur positive. Un ampèremètre idéal aurait une résistance interne égale à zéro. En pratique, cette résistance est toujours faible et l'erreur qu'elle introduit dans la mesure est souvent négligeable.

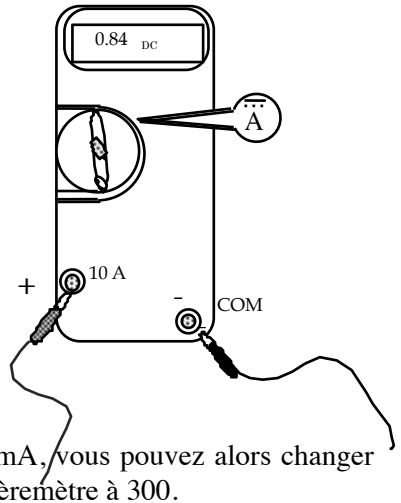


Ampèremètre branché en série

Lorsque l'on ignore l'ordre de grandeur du courant, il faut toujours brancher le multimètre tel qu'indiqué sur la figure ci-dessous en sélectionnant initialement l'intensité la plus élevée.

Tournez le bouton sélecteur du multimètre numérique en position [Ā]. Les fils de branchement doivent être reliés aux bornes de l'appareil tel qu'indiqué sur la figure du circuit précédent.

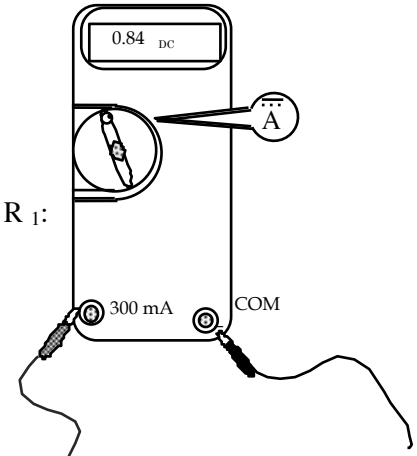
Consulter au besoin le guide de l'appareil.



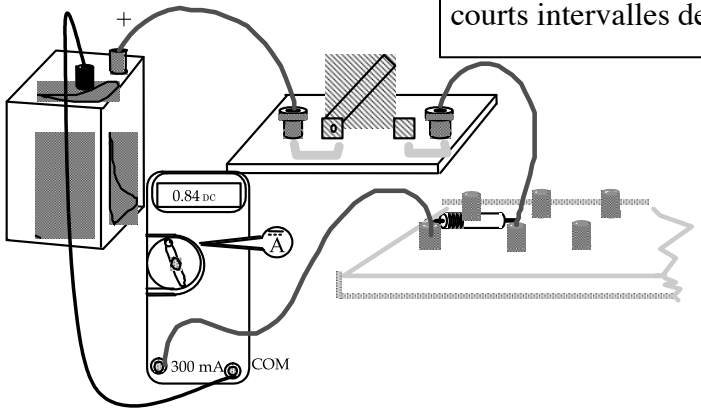
Si la mesure affichée est inférieure à 300 mA, vous pouvez alors changer le branchement en déplaçant le fil de l'ampèremètre à 300.

b) Lecture du courant électrique

Montez le circuit suivant avec la résistance R_1:

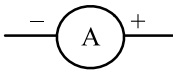


Ne fermez l'interrupteur que de courts intervalles de temps.



Fermez momentanément l'interrupteur et notez la valeur du courant dans le tableau ci-après. Indiquez ensuite l'incertitude en vous référant aux instructions de l'enseignant.

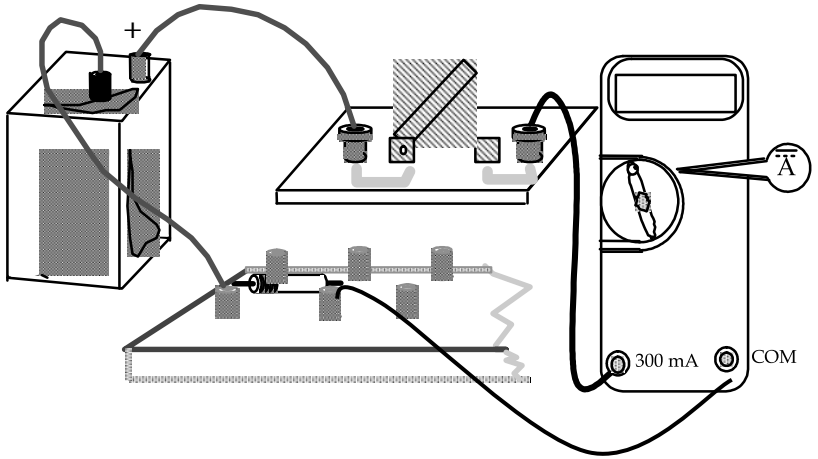
i =	±	mA

Utilisant le symbole 

pour représenter l'ampèremètre, dessinez le diagramme complet et approprié du circuit.

Diagramme du circuit

L e courant électrique a-t-il la même valeur avant la résistance et après résistance ? Trouvez la réponse de façon expérimentale en montant le circuit suivant :

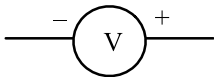


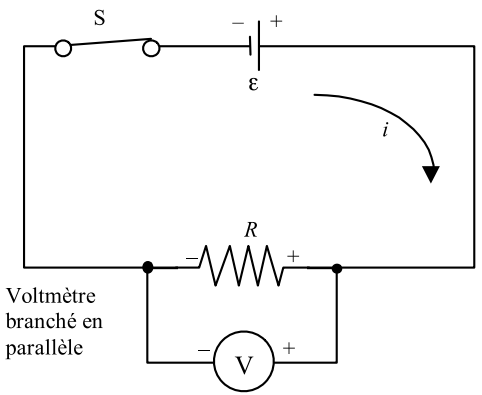
Que concluez-vous ?

_____

5) Mesure de la tension électrique (Branchement du voltmètre)

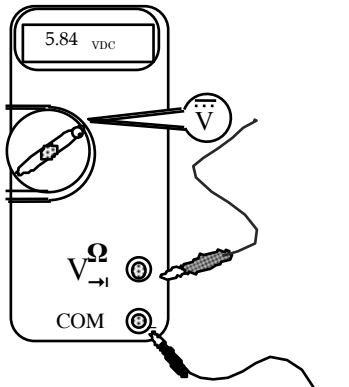
Le voltmètre est un appareil qui mesure la tension, ou différence de potentiel, *entre deux points* d'un circuit électrique. Comme le voltmètre mesure en fait la différence de potentiel entre les deux extrémités de sa propre résistance interne R_V, il doit donc **toujours être branché en *parallèle*** dans le circuit.

Le symbole du voltmètre est: 



Tournez le bouton sélecteur du multimètre numérique en position $\overline{V}$. Les fils de branchement doivent être reliés aux bornes de l'appareil de la façon indiquée.

Un voltmètre idéal aurait une résistance interne infinie. En pratique, cette résistance est habituellement très grande et l'erreur qu'elle introduit dans la mesure peut alors être négligée.



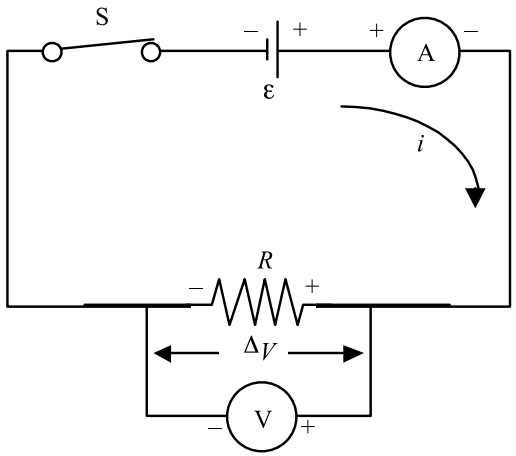
ATTENTION

Il faut toujours respecter la polarité du voltmètre : la borne positive (rouge+) doit être reliée au point de potentiel le plus élevé, la borne négative (noire COM -) à celui de potentiel le moins élevé. Un branchement inapproprié donnerait une valeur négative de la différence de potentiel affichée à l'écran.

6) Mesure indirecte de la résistance à l'aide d'instruments

Afin de **calculer** la valeur de vos résistances, montez le circuit suivant et utilisez les mesures fournies par le milliampèremètre et le voltmètre comme si les résistances internes de ces appareils n'introduisaient aucune erreur dans les mesures.

Placez la résistance la plus élevée en premier, faites vos mesures. Placez ensuite la résistance la plus faible et faites les mesures.



Note : Comme vous obtiendrez plus de précision avec une grande valeur de différence de potentiel, on vous recommande d'utiliser la plus grande valeur possible **(6V)** pour votre pile.

À l'aide du circuit précédent, mesurez en même temps les valeurs de ΔV et de i pour chacune de vos deux résistances. Reportez ces 2 mesures (pour chacune) dans le 2 avant dernières colonne (1C) du tableau en n'oubliant pas tout de suite d'indiquer les incertitudes (par des calculs appropriés). Le calcul de la valeur R pour chacune d'entre elles (dernière colonne) se fera à la fin si vous avez du temps. [Rendu ici, venez me voir aussitôt avant de continuer, l'ordre de visite signifiant que vous travaillez bien : _____]

D'après vos mesures comment le courant varie-t-il lorsque la résistance diminue ?_____

7) Loi d'Ohm (Réinvestissement des apprentissages jusqu'ici)

a) Résistance au carbone :

En utilisant la méthode indirecte, mesurez la valeur de votre résistance la ***plus faible***, en utilisant cette fois-ci quatre valeurs différentes de la différence de potentiel appliquée en utilisant batterie de piles (4 de 1,5 V). [Pour accélérer, inscrire vos valeurs mesurées sans incertitude dans les 2 premières colonnes du tableau 2. [Dernière colonne calculée plus tard]

D'après vos mesures comment le courant varie-t-il lorsque la différence de potentiel diminue ?

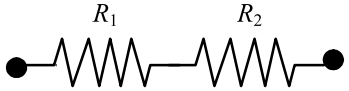
_____

b) Ampoule électrique :

Mesurez la résistance de l'ampoule électrique en utilisant quatre valeurs différentes de la différence de potentiel appliquée. Consignez comme précédemment vos mesures dans le tableau **3**. (2 premières colonnes seulement). Les calculs se feront plus tard.

8) Résistances en série

Montez les résistances de la manière suivante :



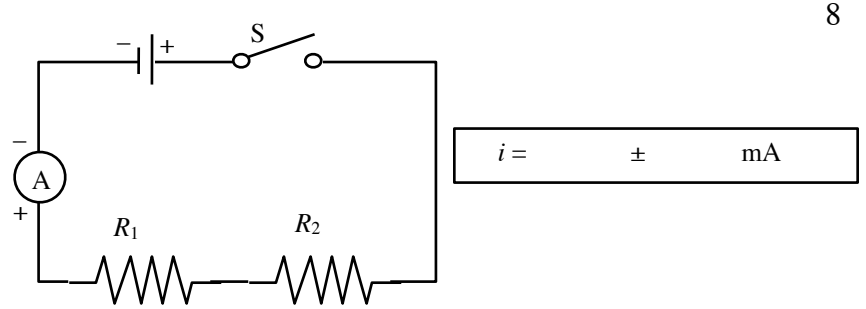
Mesurez, à l'aide de l'ohmmètre numérique, la résistance totale de ce montage et notez votre résultat dans le tableau 1.

Réinscrire ici votre mesure accompagnée de son incertitude absolue telle que déterminée en utilisant la notice du fabriquant :

R = _____ _____ (kΩ)

a) Mesure du courant avant les résistances

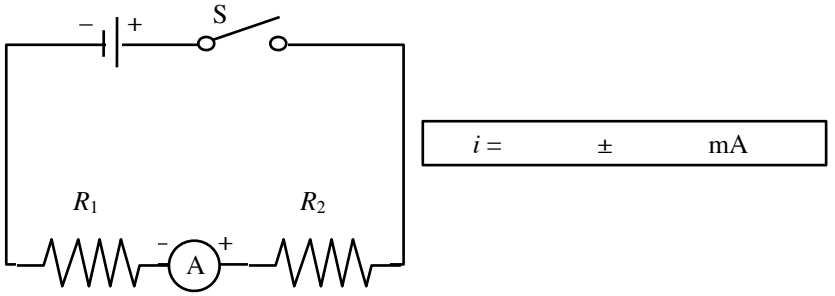
Le circuit suivant permet de mesurer le courant après les résistances.



Montez le circuit, mesurez le courant et indiquez-le à droite du diagramme.

b) Mesure du courant entre les résistances

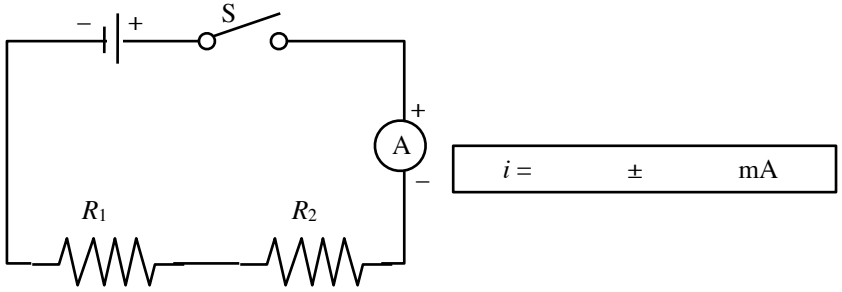
Le circuit suivant permet de mesurer le courant entre les résistances.



Montez le circuit, mesurez le courant et indiquez-le à droite du diagramme.

c) Mesure du courant avant les résistances

Le circuit suivant permet de mesurer le courant après les résistances.

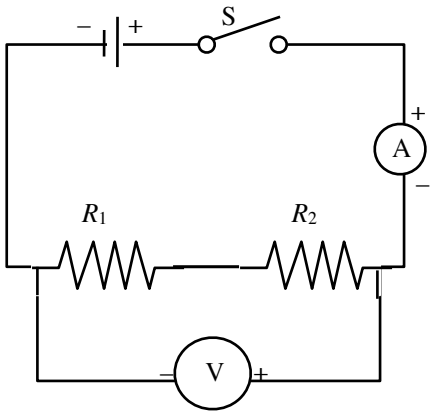


Montez le circuit, mesurez le courant et indiquez-le à droite du diagramme.

Comparez les valeurs des courants en utilisant les intervalles des valeurs possibles. Que concluez-vous ?

_____

d) Détermination de la résistance équivalente



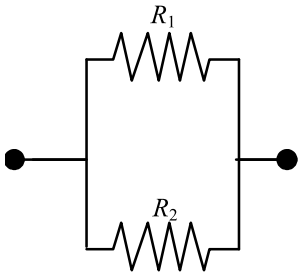
Si vous êtes en retard à ce stade-ci, laissez faire les incertitudes pour le reste

Notez les valeurs du courant et de la différence de potentiel dans les 2 premières colonnes 1C du tableau 1.

La résistance totale de ce montage sera calculée plus tard (dernière colonne 1C).

9) **Résistances en parallèle**

Montez les résistances de la manière indiquée ci-dessous.



Mesurez, à l'aide de l'ohmmètre numérique, la résistance totale de ce montage et notez votre résultat à l'endroit approprié.

Réinscrire ici votre mesure accompagnée de son incertitude absolue telle que déterminée en utilisant la notice du fabriquant :

R = _____ _____ (kΩ)

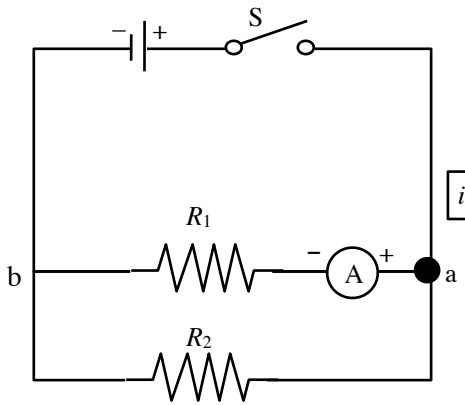
Établissez de façon expérimentale la relation entre le courant circulant dans chacune des résistances et le courant total.

d) Mesure du courant dans une des résistances

e)

Le circuit suivant permet de mesurer le courant circulant dans une seule résistance.

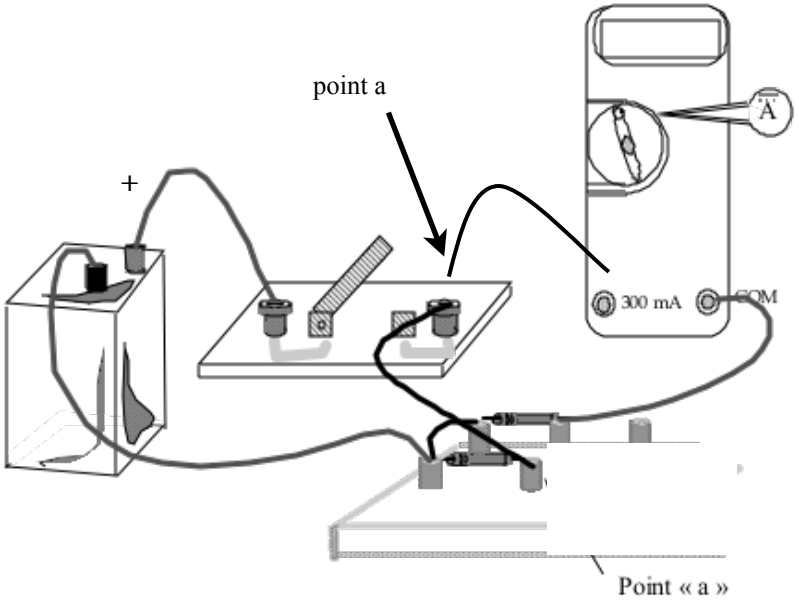
Assurez-vous de bien comprendre la relation entre ce diagramme et le circuit correspondant. Lorsque l'interrupteur est fermé, le courant circule dans le circuit. Au point « a », deux chemins se présentent aux charges électriques : un pour chacune des résistances.



Courant dans la résistance 1

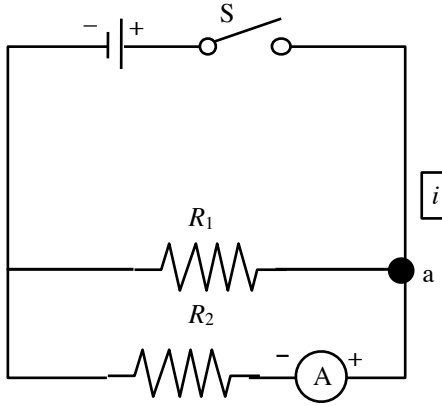
i_1= ± mA

Assurez-vous de bien comprendre le dessin ci-dessous qui indique les connexions nécessaires. Montez le circuit, mesurez le courant et indiquez-le à droite du diagramme précédent.



b) Mesure du courant dans l'autre résistance.

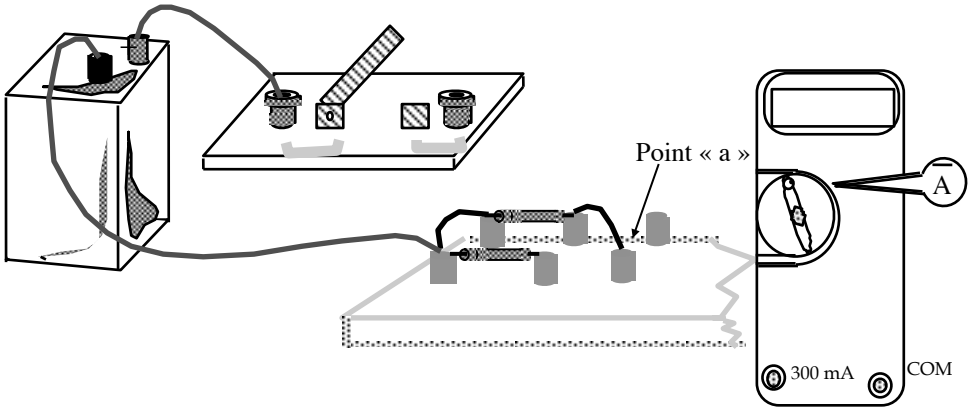
Le circuit suivant permet de mesurer le courant dans l'autre résistance.



Courant dans la résistance 2

$i_2 =$ ± mA

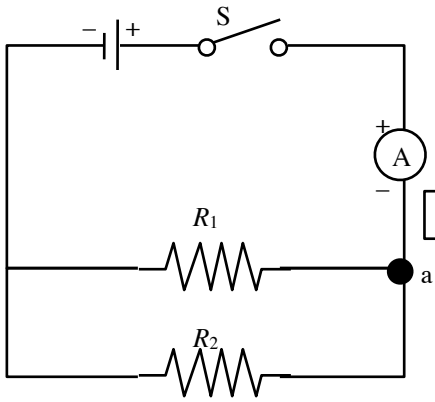
Complétez le dessin ci-dessous en traçant les fils de raccordement nécessaires.



Vérifiez soigneusement votre dessin avant de monter le circuit.
Réalisez le montage, mesurez le courant et notez-le à droite du circuit précédent.

c) Mesure du courant total.

Le circuit suivant permet de mesurer le courant total.



Courant total

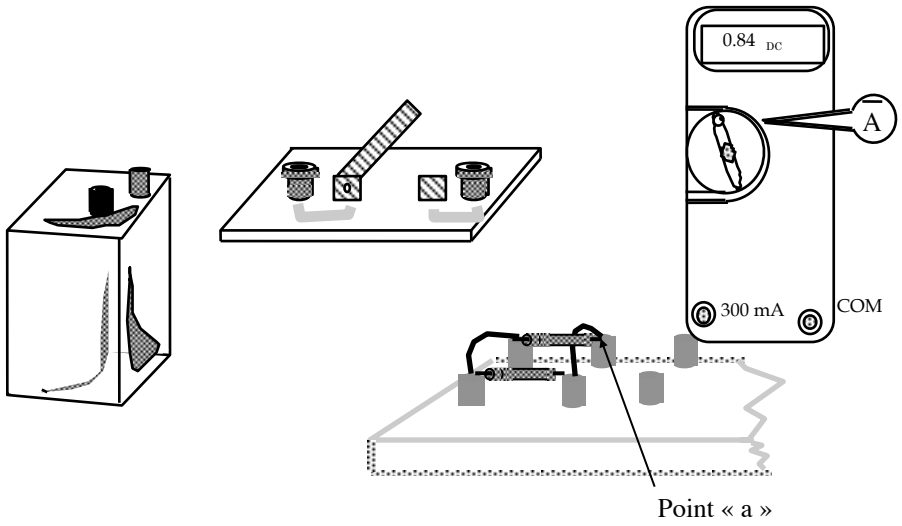
$i_T =$ ± mA

Complétez le dessin ci-dessous en traçant les fils de raccordement nécessaires.

Réalisez le montage, mesurez le courant et notez-le à droite du circuit précédent.

Quelle est la relation entre le courant total i_T et le courant i_1, i_2 de chacune des résistances ? (Écrire la relation)

_____



Étapes de calculs

Partant des valeurs qui sont inscrites dans les 2 premières colonnes 1c pour les résistances, effectuez les calculs (sans incertitude) pour déterminer la grandeur de la résistance (dernière colonne 1c) puis, en utilisant la loi appropriée d'association des résistances, calculez la résistance équivalente de ce groupement. Notez cette valeur dans la colonne 2ab du tableau 1.

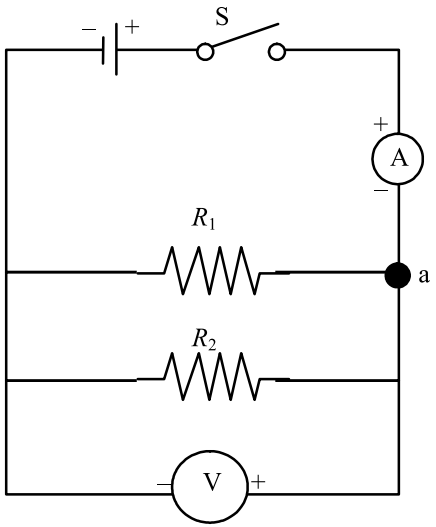
Vos trois résultats sont-ils concordants avec la mesure réelle en 1b ?

_____commentaire ? _____

Si vous êtes rendus jusqu'ici : partie bonus avec prix possible !

d) Détermination de la résistance équivalente de ce groupement .

À l'aide du milliampèremètre et du voltmètre, déterminez la résistance totale du montage suivant où les résistances sont en parallèle. Vous complétez la dernière ligne complète du tableau .



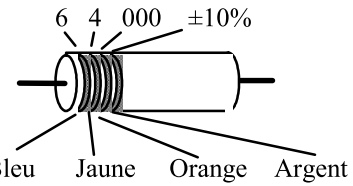
Espace complémentaire laissé libre

Annexe

CODE DES RÉSISTANCES

Couleur	Valeur numérique ou multiplicateur	
Noir	0	1ère bande = 1er chiffre 2e bande = 2e chiffre 3e bande = nombre de zéros 4e bande = précision
Brun	1	
Rouge	2	
Orange	3	
Jaune	4	
Vert	5	
Bleu	6	
Violet	7	
Gris	8	
Blanc	9	
Or	± 5%	
Argent	±10%	

Exemple



Résistance 64 000 Ω ou 64 kΩ ±10%

INTERPRÉTATION DU CODE

On considère toujours comme étant la première couleur, celle située le plus près d'une extrémité de la résistance. Ça ne peut jamais être **or** ou **argent**.

Les deux premières couleurs indiquent les chiffres significatifs.

La troisième couleur indique la puissance de 10 qui multiplie le nombre représenté par les deux premières couleurs.

La dernière couleur indique la précision. C'est **or** ou **argent** !

CALCUL D'INCERTITUDE

Calcul des incertitudes par la méthode des extrêmes ou en utilisant les règles suivantes.

L'incertitude **absolue** d'une somme ou d'une différence équivaut à la somme des incertitudes absolues de chacun des termes.

Exemple :

Si $a = 100 \pm 2$ et $b = 50 \pm 3$

et $c = a + b$ alors $\Delta c = \Delta a + \Delta b = 2 + 3 = 5$

et ainsi $c = 150 \pm 5$

L'incertitude **relative** d'un produit ou d'un quotient équivaut à la somme des incertitudes relatives de chacun des termes.

Exemple :

Si $a = 100 \pm 5$, $b = 50 \pm 2$ et $c = a/b$
alors :

$$\frac{\Delta c}{c} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$$

$$\frac{\Delta c}{c} = \frac{5}{100} + \frac{2}{50} = \frac{9}{100}$$

et ainsi $c = 2{,}0 \pm 9\%$

Remarque : Pour plus d'information sur le calcul d'incertitude, consultez le volume toujours disponible à l'avant : BOISCLAIR, G. et PAGÉ, J., *Guide des sciences expérimentales*, Montréal, 2004, Éditions du renouveau pédagogique.

NfAp : _____

Tableau 1

Lab No 1
Montage : ____ NfAp : _____

R dans l'ordre croissant	1a) Code des couleurs (kΩ) Valeur Incertitudes	1b) Ohmmètre numérique (kΩ)	1c) ΔV (volts)	1c) i (mA)	1c) $R = \frac{\Delta V}{i}$ (kΩ)	2ab)
R_1	± ± %	± ± %	± ± %	± ± %	± ± %	
R_2	± ± %	± ± %	± ± %	± ± %	± ± %	
Résistances en série		± ± %	± ± %	± ± %	± ± %	
Résistances en parallèle		± ± %	± ± %	± ± %	± ± %	

Rectangle A : calculs incertitude selon notice

Rectangle B

NfAp : _____

Lab No 1

Montage : ____ NfAp : _____

Tableau 2

Résistance au carbone		
ΔV (volts)	i (mA)	$\Delta V/i$ (kΩ)
0	0	0
± ± %	± ± %	± ± %
± ± %	± ± %	± ± %
± ± %	± ± %	± ± %
± ± %	± ± %	± ± %

Tableau 3

Ampoule		
ΔV (volts)	i (mA)	$\Delta V/i$ (kΩ)
0	0	0
± ± %	± ± %	± ± %
± ± %	± ± %	± ± %
± ± %	± ± %	± ± %
± ± %	± ± %	± ± %