

LABORATOIRE : LOI D'OHM (à distance)

BUTS :

Ce laboratoire (à distance !) vous permettra de vous familiariser avec des circuits électriques simples. À l'aide d'un petit logiciel de simulation, vous serez amenés à utiliser le multimètre selon ses différents modes (ampèremètre, voltmètre et ohmmètre).

Le but de ce laboratoire sera de vérifier si un élément est ohmique ou non et, dans le cas où il l'est, de déduire graphiquement la valeur de sa résistance.

Un des buts de ce laboratoire est également de vous introduire et de vous faire calculer des valeurs d'incertitudes associées aux données recueillies en utilisant des appareils de mesure.

MATÉRIEL (virtuel) :

- Une source d'électromotance de marque *GW INSTEK GPS-3303*
- Deux multimètres de marque *FLUKE 179*
- Un résistor
- Une petite ampoule
- Des fils conducteurs

PRÉCISIONS CONCERNANT LA FEUILLE-RÉPONSES :

Une feuille-réponses vierge est disponible à la fin de ce document. Si vous avez une imprimante, vous pouvez imprimer la feuille-réponses et la compléter de manière manuscrite au fur et à mesure que vous répondez aux questions. Si vous n'avez pas d'imprimante, ce n'est pas bien grave, vous n'avez qu'à prendre une feuille blanche et à y inscrire vos réponses de manière à reproduire le format présenté sur la feuille-réponse.

PARTIE 1 : Logiciel de simulation et prises de mesures :

Ouvrez le logiciel de simulation disponible à l'adresse ci-dessous :

<https://physique.cmaisonneuve.qc.ca/btardif/apps/BenLaboLoiOhm.html>

[1.1] Sélection du numéro de montage :

Avant de débiter les manipulations comme tel, commencez par sélectionner le numéro du montage que vous utiliserez. (Votre professeur vous donnera des instructions personnalisées pour vous attribuer un numéro de montage que vous devrez utiliser). Cliquez simplement sur le bouton « Montage #1 » et cliquez ensuite sur le bouton qui correspond à votre numéro de montage. Remarquez que le bouton indique désormais le numéro de montage que vous venez de sélectionner. Vous êtes maintenant prêt à débiter votre prise de mesure.

[1.2] Mesure de la résistance du résistor :

Appuyez sur le bouton « Mesurer R ». Un multimètre correctement réglé en mode ohmmètre apparaît à l'écran. Des fils conducteurs (rouges et noirs) sont correctement reliés aux deux bornes du résistor. Sur votre feuille-réponses, prenez en note la valeur de la résistance du résistor indiquée par votre ohmmètre.

Note concernant les décimales :

Tout au long de ce laboratoire, chaque fois que vous transcrirez une valeur lue sur un appareil de mesure (ohmmètre, voltmètre et ampèremètre), il sera très important de noter *toutes les décimales* qui s'affichent sur l'appareil. Ce sera important lorsque vous calculerez les incertitudes absolues plus tard dans le labo.

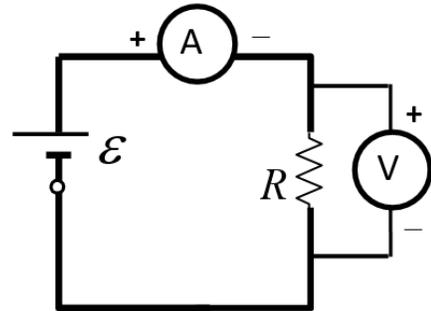
(Par exemple : si votre voltmètre indique « 21.90 V », prenez en note exactement « 21.90 » ... et non « 21.9 ».)

[1.3] Mesure du courant I en fonction de la différence de potentiel ΔV pour le résisteur :

Appuyez sur le bouton « Mesurer ΔV et I ». Un multimètre correctement réglé en mode voltmètre (DC) apparaît à gauche de l'écran et un second multimètre correctement réglé en mode ampèremètre (DC) apparaît à droite de l'écran. Par ailleurs, la source d'électromotance apparaît au centre de l'écran.

Des fils conducteurs (rouges et noirs) sont branchés de manière à reproduire le circuit ci-contre.

Le courant électrique (conventionnel) sort par la borne positive de la source, se fait mesurer en traversant l'ampèremètre, puis traverse le résisteur avant de retourner dans la borne négative de la source. (Aucun courant ne circule dans le voltmètre car celui-ci a une résistance qui tend vers l'infini.)



À l'aide de la barre de défilement horizontale (*scrollbar*), vous pouvez faire varier la valeur de l'électromotance ε de la source. (En vérité, cet ajustement se fait en tournant le bouton « VOLTAGE » du canal « CH1 MASTER » situé à droite de l'appareil ... mais dans ce contexte de simulation à distance, vous utiliserez plutôt la barre de défilement. Vous pouvez cependant remarquer que le bouton « VOLTAGE » tourne lorsque vous ajustez la barre de défilement ... quelle expérience immersive ! ☺)

Remplissez le Tableau 1 de données sur votre feuille-réponses, votre but est de mesurer le courant I pour une quinzaine de valeurs de ΔV situées entre 0 et 12 V. Idéalement, vos valeurs de ΔV devraient être réparties de manière relativement uniforme et couvrir l'ensemble de la plage [0 à 12 V]. (Pour l'instant, inscrivez uniquement les valeurs de ΔV et de I dans les cases blanches. Vous calculerez les valeurs de $\delta\Delta V$ et de δI dans les cases grises plus tard.)

[1.4] Mesure de la résistance de l'ampoule :

Appuyez sur le bouton « Brancher l'ampoule ». Vous remarquerez que le résisteur a disparu et que c'est maintenant l'ampoule qui est branchée dans le montage. Appuyez sur le bouton « Mesurer R ». Vous pourrez prendre en note sur votre feuille-réponses la valeur de la résistance de votre ampoule.

Nous appellerons cette valeur R_{froid} puisqu'il s'agit de la mesure de la résistance de l'ampoule au moment où celle-ci n'est pas branchée dans le circuit : elle est donc éteinte et est froide, ou du moins à la température de la pièce ($\approx 20\text{ }^{\circ}\text{C}$). (Plus tard dans le laboratoire, vous estimerez la résistance R_{chaud} lorsque l'ampoule est alimentée par un courant, est allumée et peut atteindre une température d'environ $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$.)

[1.5] Mesure du courant I en fonction de la différence de potentiel ΔV pour l'ampoule :

Procédez de la même manière que vous l'avez fait précédemment pour obtenir, pour l'ampoule cette fois-ci, une quinzaine de points (ΔV , I), pour des valeurs de ΔV variant entre 0 V et 12 V. Inscrivez vos données dans le Tableau 2 sur votre feuille-réponses.

Vous avez maintenant terminé vos manipulations et votre prise de mesures (virtuelle). À partir d'ici, vous ne devriez plus avoir besoin du logiciel de simulation.

PARTIE 2 : Calcul des incertitudes absolues :

Introduction aux calculs d'incertitudes et aux diagrammes de concordance :

Si vous n'êtes pas déjà familier avec le calcul de l'incertitude absolue et de l'incertitude relative, lisez attentivement le document « LesIncertitudesIntroduction » disponible à l'adresse suivante :

<https://physique.cmaisonneuve.qc.ca/btardif/LesIncertitudesIntroduction.pdf>

Calcul des incertitudes sur les valeurs de R , de ΔV et de I :

Aucun appareil de mesure n'est parfait, et donc chaque appareil affiche une valeur qui est (malheureusement) entachée d'une certaine incertitude. Certains appareils de meilleure qualité (et plus coûteux !) permettent de prendre des mesures plus précises que d'autres, mais toujours est-il qu'aucun appareil n'est parfait. Pour les appareils (virtuels) que vous utilisez, voici comment calculer les incertitudes absolues qui leur sont associés :

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

$\delta \Delta V$: 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

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

Par exemple, si vous mesurez une valeur de courant et que votre ampèremètre indique « 128.5 mA », l'incertitude δI sera $3 \times 0,1 \text{ mA} + 1,285 \text{ mA} = 1,585 \text{ mA}$... que nous arrondirons à 1,6 mA de manière à ce que δI ait le même nombre de décimales que I et nous écrirons alors : $I = (128,5 \pm 1,6) \text{ mA}$.

[2.1] Calcul des incertitudes δR :

Calculez et inscrivez sur votre feuille-réponses les valeurs des incertitudes absolues δR associées à la résistance de votre résistor et à la résistance de votre ampoule. Dans la case appropriée sur la feuille-réponses, écrivez les petits calculs qui vous ont permis de calculer δR pour votre résistor. (Vous n'avez pas besoin de fournir votre démarche pour le δR associé à l'ampoule.)

[2.2] Calcul des incertitudes $\delta \Delta V$ et δI :

Dans vos deux Tableaux sur votre feuille-réponse, vous devez calculer toutes les valeurs de $\delta \Delta V$ et de δI (dans les cases grises). Sur la feuille-réponses, on vous demande d'écrire les calculs qui vous ont permis d'obtenir $\delta \Delta V$ et δI pour la dernière ligne dans votre Tableau 1. (Vous n'avez pas besoin de fournir votre démarche pour les autres calculs.)

Pour calculer rapidement les incertitudes sur toutes vos valeurs dans les tableaux, il est fortement recommandé d'utiliser Excel ! Faites attention cependant, le réglage « auto range » de vos appareils permet d'obtenir un maximum de précision sur les mesures, mais fait en sorte que les échelles de mesure (et leur précision) peuvent être différentes pour différentes plages de valeurs. Par exemple, lorsqu'on mesure des voltages ΔV à l'aide du voltmètre, 3 décimales sont affichées lorsque $\Delta V < 5 \text{ V}$, mais 2 décimales seulement

sont affichées pour des ΔV plus grands ... ce qui influencera bien sûr vos valeurs de δV . (Un changement d'échelle et de précision similaire surviendra aussi pour vos mesures de I ... l'avez-vous remarqué ?)

PARTIE 3 : Analyse et graphiques pour le résisteur :

Dans Excel, reproduisez votre Tableau 1 de la feuille-réponses (titre, symboles appropriés, unités, incertitudes avec bon nombre de chiffres significatifs, valeurs numériques avec nombre de décimales approprié).

Tracez le graphique des données brutes de I (mA) en fonction de ΔV (V) pour le résisteur (titre, axes bien identifiés, nuage de points).

[3.1] À l'aide de ce graphique, expliquez en quelques mots si le résisteur se comporte comme un élément ohmique ou non-ohmique. (Au besoin, relisez la section *La loi d'Ohm* aux pages 219 et 220 de votre livre *Physique XXI : tome B : électricité et magnétisme*.)

Il est facile de linéariser la loi d'ohm $\Delta V = RI$ pour qu'elle ait la forme d'une équation linéaire $Y = AX + B$. En effet, il suffit de poser $X \rightarrow I$ et $Y \rightarrow \Delta V$ et ainsi, la pente de ce graphique de la variable transformée correspondra à la valeur de la résistance R .

Téléchargez d'abord le fichier Excel suivant :

<https://physique.cmaisonneuve.qc.ca/btardif/NYB/TemplateCalculsIncertitudesLoiOhm.xlsx>

et complétez-le afin de tracer un graphique de ΔV en fonction de I .

Ajoutez une courbe de tendance linéaire à votre graphique. Vous remarquerez que la pente et l'ordonnée à l'origine calculés automatiquement par Excel lorsque vous ajouterez votre courbe de tendance linéaire ne seront pas exactement les mêmes que ceux calculés automatiquement en haut du tableau Excel ... c'est normal, car ceux calculés en haut du tableau prennent en considération les incertitudes sur chacune des mesures et sont donc plus précis et plus représentatifs de la réalité. Modifiez vous-même « manuellement » l'équation de votre courbe de tendance sur votre graphique pour inscrire les mêmes paramètres (pente et ordonnée à l'origine) que ceux calculés en haut du tableau.

[3.2] Comparez, à l'aide d'un diagramme de concordance, les 2 valeurs de la résistance que vous avez obtenues :

1. La résistance du résisteur mesurée à l'aide de l'ohmmètre.
2. La résistance du résisteur obtenue par la pente du graphique de la variable transformée.

Tracez un **diagramme de concordance** et dites si les 2 valeurs de R concordent.

Rappel : le diagramme de concordance est expliqué dans le document présenté plus haut :

<https://physique.cmaisonneuve.qc.ca/btardif/LesIncertitudesIntroduction.pdf>

PARTIE 4 : Analyse et graphique pour l'ampoule :

Dans Excel, reproduisez votre Tableau 2 de la feuille-réponses (titre, symboles appropriés, unités, incertitudes avec bon nombre de chiffres significatifs, valeurs numériques avec nombre de décimales approprié).

Tracez le graphique des données brutes de I (mA) en fonction de ΔV (V) pour l'ampoule (titre, axes bien identifiés, nuage de points).

[4.1] À l'aide de ce graphique, expliquez en quelques mots si l'ampoule se comporte comme un élément ohmique ou non-ohmique.

[4.2] Estimez la valeur de la résistance de l'ampoule en calculant $R_{\text{chaud}} = \Delta V / I$ en utilisant le point le plus à droite sur votre graphique, i.e. le point qui correspond à votre plus grande valeur de ΔV . Nous appellerons cette valeur R_{chaud} puisqu'elle correspond à la valeur de la résistance de l'ampoule lorsque celle-ci est parcourue par un courant relativement grand et donc lorsque l'ampoule est chaude.

[4.3] Compte tenu de l'incertitude associée à votre valeur de R_{froid} , dites si vos valeurs de R_{froid} et R_{chaud} concordent ou non. (Vous pouvez seulement l'expliquer en mots, il n'est pas nécessaire ici de tracer un diagramme de concordance).

INSTRUCTIONS POUR LA REMISE :

- Répondez à toutes les questions qui sont sur la feuille-réponses

Vous avez en tout 3 graphiques Excel à tracer (accompagnés de leur tableau correspondant) :

- Le graphique des données brutes de I en fonction de ΔV pour le résistor
- Le graphique de la variable transformée ΔV en fonction de I pour le résistor (avec courbe de tendance)
- Le graphique des données brutes de I en fonction de ΔV pour l'ampoule

* On trace uniquement une courbe de tendance linéaire pour le graphique de la variable transformée ... mais pas pour les graphiques des données brutes.

Consultez au besoin l'AnnexeL4 – Modèle de graphique (qui se trouve habituellement à la fin du cahier de laboratoires), disponible à l'adresse suivante :

<https://physique.cmaisonneuve.qc.ca/btardif/AnnexeL4-ModeleDeGraphique.pdf>

Pour la remise, si vous êtes capable de produire un seul gros document PDF qui contient tout (feuille-réponses + graphiques) c'est l'idéal ! Sinon, vous pouvez remettre plusieurs documents séparés : par exemple 1 document PDF qui contient les réponses à la feuille-réponse et envoyer séparément un document PDF qui contient vos graphiques Excel. (Si vous n'êtes pas capable de produire un document PDF qui contient vos graphiques Excel, à la limite vous pouvez envoyer votre document Excel directement).

Remettez votre (ou vos) fichiers dans le module LÉA – Travaux. (Vous pourrez déposer plusieurs fois des documents et lors de la correction je téléchargerai tous les documents que vous aurez remis).

