

Laboratoire sur les incertitudes Rapport

À la **section 3.2**, nous avons vu que la résistance R d'un cylindre conducteur dépend de sa résistivité ρ , de sa longueur ℓ et de l'aire A de sa section transversale :

$$R = \frac{\rho \ell}{A}$$

(1) Montrez algébriquement qu'on peut isoler $\rho = \frac{\pi R D^2}{4 \ell}$, où D est le diamètre du cylindre.

(2) En utilisant votre multimètre en mode ohmmètre, mesurez la résistance R de votre cylindre. Transcrivez sur l'image ci-contre ce que votre multimètre affiche. (Les résistances des fils de connexions, des pinces alligators et des deux petites tiges métalliques situées aux extrémités de votre cylindre sont négligeables. On considère donc que la résistance affichée par l'appareil correspond directement à la résistance de votre cylindre.)



(3) En utilisant la loi ci-dessous (valide pour le multimètre FLUKE 179), calculez l'incertitude δR associée à votre résistance. (Pour l'instant, écrivez la valeur « au long » avec tous les chiffres affichés sur votre calculatrice).

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

(4) En respectant les règles de la nomenclature (nombre correct de chiffres significatifs et de décimales), écrivez la valeur expérimentale de votre résistance sous la forme $R = (\tilde{R} \pm \delta R)$ et écrivez les unités.

(5) À l'aide d'une règle, mesurez la longueur ℓ de votre cylindre et déterminez vous-même une valeur raisonnable pour l'incertitude $\delta \ell$. Écrivez votre résultat sous la forme $\ell = (\tilde{\ell} \pm \delta \ell)$ et écrivez les unités.

(6) À l'aide d'une règle, mesurez le diamètre D de votre cylindre et déterminez vous-même une valeur raisonnable pour l'incertitude δD . Écrivez votre résultat sous la forme $D = (\tilde{D} \pm \delta D)$ et écrivez les unités.

En appliquant la **méthode différentielle** $\delta f = \sum_i \left| \frac{\partial f}{\partial x_i} \right| \delta x_i$ à l'équation de trois variables $\rho = \frac{\pi R D^2}{4 \ell}$ obtenue au

numéro (1), on peut écrire : $\delta \rho = \left| \frac{\partial \rho}{\partial R} \right| \delta R + \left| \frac{\partial \rho}{\partial D} \right| \delta D + \left| \frac{\partial \rho}{\partial \ell} \right| \delta \ell$.

(7) Effectuez les dérivées partielles et démontrez algébriquement que cette expression est équivalente à

$\frac{\delta \rho}{|\tilde{\rho}|} = \frac{\delta R}{|\tilde{R}|} + 2 \left| \frac{\delta D}{|\tilde{D}|} + \frac{\delta \ell}{|\tilde{\ell}|} \right|$, soit l'expression que nous pourrions obtenir en appliquant les **lois simplifiées**.

(8) En utilisant l'équation obtenue au numéro (7), calculez l'incertitude $\delta \rho$ associée à votre résistivité. (Pour l'instant, écrivez la valeur « au long » avec tous les chiffres affichés sur votre calculatrice).

(9) En respectant les règles de la nomenclature (nombre correct de chiffres significatifs et de décimales), écrivez la valeur expérimentale de votre résistivité sous la forme $\rho = (\tilde{\rho} \pm \delta\rho)$ et écrivez les unités.

(10) Discussion des incertitudes et des sources d'erreurs

Dans cette expérience, vous êtes parvenus à obtenir une valeur expérimentale pour la résistivité ρ de votre cylindre. Pour obtenir cette valeur, vous avez dû effectuer plusieurs mesures :

- Vous avez mesuré la résistance R de votre cylindre ... avec son incertitude δR ;
- Vous avez mesuré la longueur l de votre cylindre ... avec son incertitude δl ;
- Vous avez mesuré le diamètre D de votre cylindre ... avec son incertitude δD .

Selon vous, quelle a été la plus grande source d'incertitude dans l'expérience ? Autrement dit, on cherche à savoir ce qui a le plus influencé votre incertitude absolue $\delta\rho$ obtenue sur la résistivité. Afin de répondre correctement à la question, calculez d'abord (en pourcentage) chacune des trois incertitudes relatives associées à R , l et D et comparez-les.

Rappel : pour une quantité quelconque $z = (\tilde{z} \pm \delta z)$, l'incertitude relative (en %) est $\frac{\delta z}{|\tilde{z}|} \times 100$

Répondez à la question sous la forme d'un court texte dans l'espace ci-dessous :

(11) Téléchargez d'abord le fichier Excel suivant :

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

Albert et Béatrice ont mesuré en laboratoire le module du champ électrique produit par une très longue tige rectiligne uniformément chargée qui peut être considérée comme une TRIUC. Ils ont effectué des mesures du champ électrique E pour différentes valeurs de densité linéique de charge λ et différentes valeurs de distance R à partir du centre de la tige. Leurs données sont recueillies dans le fichier Excel que vous venez de télécharger, dans le **Tableau des données brutes**. (On suppose que les incertitudes $\delta\lambda$ et δR sont négligeables, c'est pourquoi le tableau contient uniquement des valeurs d'incertitudes δE).

Ils désirent vérifier la validité de l'équation ci-contre du champ électrique de la TRIUC et calculer la constante de coulomb k_{exp} afin de vérifier si elle concorde avec la valeur de référence $E = \frac{2k|\lambda|}{R}$
 $k_{\text{théo}} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$.

(a) Aidez Albert et Béatrice à linéariser l'équation du champ de la TRIUC en posant les changements des variables nécessaires pour que celle-ci prenne la forme d'une fonction linéaire $Y = MX + B$:

$Y \rightarrow$ _____ $M \rightarrow$ _____ $X \rightarrow$ _____ $B \rightarrow$ _____

(b) Dans le fichier Excel, complétez les cases blanches du **Tableau des variables transformées** (ne modifiez pas les cases grises) et tracez le graphique (nuage de points) de la variable transformée. Votre graphique doit respecter les consignes de mise en forme habituelle (titre complet, axes bien identifiés avec symbole des variables et unités entre parenthèses, courbe de tendance avec son équation dans laquelle vous devrez remplacer x et y par les valeurs de votre expérience, etc.).

Ajoutez une courbe de tendance linéaire à votre graphique. Vous remarquerez que la pente et l'ordonnée à l'origine calculées automatiquement par Excel lorsque vous ajouterez votre courbe de tendance linéaire ne seront pas exactement les mêmes que celles calculées automatiquement dans les cases rouges ... c'est normal, car celles calculées dans les cases rouges prennent en considération les incertitudes sur chacune des mesures et sont donc plus précises et plus représentatives de la réalité. Modifiez vous-même « manuellement » l'équation de votre courbe de tendance sur votre graphique pour inscrire les mêmes valeurs (pente et ordonnée à l'origine) que celles calculées dans les cases rouges. Imprimez sur une seule page vos tableaux de données et votre graphique. Vous devrez le brocher à ce document lors de la remise du rapport.

(c) Recopiez ci-dessous la valeur de votre pente M et de son incertitude δM calculées dans les cases rouges (vous devrez ajuster vos valeurs M et δM afin de respecter le bon nombre de chiffres significatifs et le bon nombre de décimales). Écrivez également les unités de votre pente. Utilisez ensuite ces valeurs pour calculer la valeur de la constante de Coulomb k .

Pente du graphique Excel : $M = (\text{_____} \pm \text{_____}) \text{_____}$

Calcul de k et δk :

(d) Tracez un diagramme de concordance et dites si votre valeur de k_{exp} concorde avec la valeur de référence $k_{\text{théo}} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$.

k_{exp} et $k_{\text{théo}}$ A. concordent B. ne concordent pas
--