TP 1 : Mesures électriques et incertitudes (thème électrocinétique)

Notions et contenus	Capacités exigibles
Variabilité de la mesure d'une grandeur physique. Incertitude. Incertitude-type.	Identifier les incertitudes liées, par exemple, à l'opérateur, à l'environnement, aux instruments ou à la méthode de mesure. Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type par une autre approche que statistique (évaluation de type B).
Incertitudes-types composées Évaluer l'incertitude-type d'une grandeur s'exprimant en fonction d'autres grandeurs, dont les incertitudes-types sont connues, à l'aide d'une somme, d'une différence, d'un produit ou d'un quotient.	Capacité numérique : simuler, à l'aide d'un langage de programmation, un processus aléatoire permettant de caractériser la variabilité de la valeur d'une grandeur composée.
Écriture du résultat d'une mesure.	Écrire, avec un nombre adapté de chiffres significatifs, le résultat d'une mesure.
Comparaison de deux valeurs ; écart normalisé.	Comparer deux valeurs dont les incertitudes-types sont connues à l'aide de leur écart normalisé. Analyser les causes d'une éventuelle incompatibilité entre le résultat d'une mesure et le résultat attendu par une modélisation.

Revoir vos polycopiés de MPSI sur les incertitudes et la simulation Monte-Carlo. Préparer les questions 1, 2 et 3.

1 Incertitude sur une mesure

1.1 Mesure d'une résistance

1.1.1 incertitude « constructeur »

Prendre dans l'armoire à composants une résistance pour l'électronique de 1 kΩ (M-N-R-Or). La couleur du quatrième anneau (ici Or), un peu écarté des autres, précise la tolérance par rapport à la valeur nominale, c'est-à-dire l'incertitude maximale relative déterminée statistiquement par le constructeur.

Couleur	Gris	Vert	Marron	Or	Argent
Tolérance	0,05%	0,5%	0,1%	5%	10%

1. Préciser l'incertitude-type « constructeur » $u_c(R)$ sur la valeur de la résistance R, en supposant la loi de probabilité du constructeur uniforme (rectangulaire).

1.1.2 Incertitude d'une mesure à l'ohmètre

Mesurer la résistance au multimètre en position ohmmètre. À l'aide de l'extrait de la notice de l'appareil, déterminer l'incertitude maximale $\Delta_{ohm}(R)$ et calculer l'incertitude-type $u_{ohm}(R)$ sur la mesure R_{ohm} effectuée. On supposera ici aussi que la densité de probabilité est rectangulaire (uniforme). Présenter correctement le résultat de la mesure.

1.1.3 Vérifier la compatibilité des deux mesures

Calculer l'écart normalisé (ou z-score).
Conclure sur la compatibilité des deux mesures.

1.2 Mesure d'une tension

1.2.1 Au voltmètre

Mesurer la valeur efficace U_v d'une tension sinusoïdale d'amplitude 5 V délivrée par le générateur basse fréquence réglé sur une fréquence de l'ordre de 100 Hz. Ces paramètres seront conservés, pour comparaison, lors de la mesure à l'oscilloscope du paragraphe suivant. Toujours à l'aide de la notice du multimètre, déterminer l'incertitude maximale $\Delta_v(U)$ et calculer l'incertitude-type $u_v(U)$.

1.2.2 À l'oscilloscope

Régler l'acquisition de l'oscilloscope sur "Moyenne", avec 16 mesures. Mesurer la valeur efficace U_o de la tension précédente à l'oscilloscope, déterminer la valeur et les incertitudes maximale et type sur celle-ci, notées respectivement $\Delta_o(U)$ et $u_o(U)$ sachant que la notice de l'oscilloscope indique une précision de 3%.

Les deux mesures sont-elles compatibles ? (Calculer l'écart normalisé)
Le restent-elles si la fréquence choisie est de l'ordre de 20 kHz ? Interpréter.

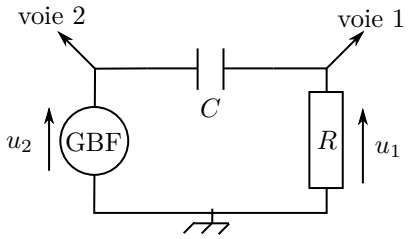
2 Incertitude sur une grandeur résultant de plusieurs mesures

2.1 Incertitude sur une somme : association de résistances

Associer en série la résistance R étudiée au 1.1 et la résistance inconnue R' sur plaquette d'essai et mesurer la résistance R_t de l'ensemble à l'ohmmètre avec son incertitude-type. En déduire R' avec son incertitude-type $u(R')$ par la formule de propagation.

2.2 Incertitude sur une fonction quelconque : Mesure de la capacité à partir du déphasage

2.2.1 Principe



On considère le circuit ci-dessus avec la résistance R du 1.1 et une capacité C inconnue et alimenté par un GBF délivrant une tension sinusoïdale u_2 de fréquence $f = 5\,\text{kHz}$.

On se propose de mesurer, en régime sinusoïdal, le déphasage ϕ de la tension u_1 aux bornes du dipôle R par rapport à la tension u_2 aux bornes du générateur, pour une pulsation donnée.

2. Justifier la relation

$$C = \frac{\text{cotan}(\phi)}{2\pi R f}$$

2.2.2 Mesures et analyses

Réaliser le circuit et effectuer la mesure de la phase ϕ à l'aide du menu *Mesures*, où l'on indique le signal étudié (1) et la référence des phases (2).

Les mesures étant fluctuantes, on choisira l'option « Moyenne : 128 mesures » dans le menu *Acquisition*, et l'intervalle de fluctuation de ϕ définira l'incertitude maximale $\Delta(\phi)$.

Pour calculer une estimation de C et son incertitude-type $u(C)$ ouvrir le Jupiter Notebook que vous trouverez sur le site de la classe. Pour ce faire, le télécharger et le placer dans vos documents dans un répertoire « TP_Phys » à créer.

Ouvrir le fichier. Si l'extension *.ipynb* n'est pas reconnue, faire un clic droit puis « ouvrir avec » et aller chercher *Jupiter Notebook* situé dans *C ://Winpython/JupiterNotebook*. Une invite de commande s'ouvre, puis un explorateur internet dans lequel le document s'ouvre.

Compléter et exécuter ce programme pour calculer C et son incertitude type. Présenter correctement le résultat.

2.3 Incertitude sur un produit : Mesure d'une capacité par un temps de décharge

On reprend le circuit précédent avec le générateur réglé de manière à ce qu'il délivre une tension en créneau entre $\pm 5\,\text{V}$ de fréquence $f = 5\,\text{kHz}$. On considère la demi-période où $u_2(t) = +E$ avec $E = 5\,\text{V}$. On suppose que la période du signal $u_2(t)$ est grande devant la constante de temps du circuit.

3. Établir l'expression de $u_1(t)$ lors de la réponse à un échelon montant. Donner l'expression de la constante de temps τ. Tracer l'allure de $u_1(t)$ en précisant les valeurs $V_A = u_1(t = 0)$ et $V_B = u_1(t = \tau)$.

Procéder à la partie mesure. Pour cela mesurer les deux instants t_A et t_B tels que $t_B - t_A = \tau$ et correspondant à des tensions V_A et V_B repérées en utilisant les curseurs temporels de l'oscilloscope.

Évaluer l'incertitude maximale $\Delta(t_A)$ et $\Delta(t_B)$ sur les temps en utilisant l'extrait de notice suivant de l'oscilloscope :

Précision de la mesure de temps Delta (Totalité de la bande passante)	*Conditions*	*Précision*
	Monocoup, mode Echantillon	±(1 intervalle d'échantillonnage + 100 ppm × lecture + 0,6 ns)
	> 16 moyennes	±(1 intervalle d'échantillonnage + 100 ppm × lecture + 0,4 ns)
	Intervalle d'échantillonnage = s/div ÷ 250	

L'intervalle d'échantillonnage correspond à la variation minimale de temps lorsqu'on déplace un curseur.

En déduire l'incertitude-type sur τ.

Calculer la valeur de capacité C et son incertitude-type (par une formule de propagation). Présenter correctement le résultat de la mesure.

Comparer avec le résultat du 2.2.