

Mesures et Incertitudes

Capacités exigibles

- Savoir déterminer l'incertitude-type sur la mesure d'une grandeur.
- Comparer une mesure associée à une incertitude-type aux contraintes d'un cahier des charges à respecter.
- Déterminer le domaine de validité d'une mesure d'après les caractéristiques des appareils utilisés.
- Savoir définir et calculer une incertitude absolue ou relative.

Niveaux

- ♥ À savoir refaire!
- ★ Niveau de base
- ★★ Niveau intermédiaire
- ★★★ Niveau avancé

Exercice 1 ♥★ mesurage d'une résistance

Un expérimentateur réalise le mesurage de la résistance d'un conducteur ohmique : il répète plusieurs fois ce mesurage et observe que la valeur mesurée varie. Il relève les valeurs suivantes :

$$534\Omega, 529\Omega, 535\Omega, 527\Omega, 530\Omega$$

- Q1** Quel type (A ou B) d'incertitude-type, le mesurage met-il en évidence ici ? Justifier votre réponse.
- Q2** Rédiger le résultat du mesurage pour la première valeur mesurée, en écriture scientifique.
- Q3** Rédiger le résultat du mesurage pour l'ensemble des valeurs mesurées, en écriture scientifique.
- Q4** Déterminer la valeur de l'incertitude-type relative pour l'ensemble des valeurs mesurée.
- Q5** Déterminer la valeur de l'incertitude élargie à 95% : en déduire l'encadrement expérimental correspondant.

Exercice 2 ♥★★ mesurage d'une tension continue

Un expérimentateur réalise le mesurage d'une tension électrique continue aux bornes du conducteur ohmique de l'exercice 01 : il répète plusieurs fois ce mesurage à l'aide du voltmètre numérique APPA 97R (en mode DC) et observe que la valeur mesurée ne varie pas. Avec cet appareil, la valeur mesurée est $U_{mes} = 1,985V$ On donne ci-contre un extrait de la fiche technique :

Accuracy is \pm (% reading + number of digits) at $23^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$ at less than 80% R.H.

(1) DC Volts

Range	Resolution	Accuracy (97)	Accuracy (97R)	Over voltage protection
300mV	100 μ V	$\pm(0.5\% + 2\text{dgt})$	$\pm(0.3\% + 2\text{dgt})$	1000V rms
3V	1mV			
30V	10mV			
300V	100mV			
1000V	1V			

A On ne considère dans cet exercice que les erreurs liées au constructeur. (On suppose l'expérimentateur parfait)

- Q1** Quel type (A ou B) d'incertitude-type, le mesurage met-il en évidence ici ? Justifier votre réponse.
- Q2** Quel calibre du voltmètre l'expérimentateur a-t-il utilisé pour ce mesurage ? Justifier.
- Q3** Déterminer la valeur de la « précision » ou demi-étendue a pour cette valeur mesurée.
- Q4** Rédiger le résultat du mesurage.

Le même expérimentateur réalise le mesurage de cette même tension électrique continue aux bornes du conducteur ohmique de l'exercice 01 : il répète plusieurs fois ce mesurage à l'aide du voltmètre numérique APPA 97 (en mode DC) et observe que la valeur mesurée ne varie pas. Avec cet appareil, la nouvelle valeur mesurée est $U_{mes} = 1,977V$.

- Q5** Rédiger le résultat de ce nouveau mesurage.
- Q6** Les deux mesurages sont-ils compatibles ? Justifier à l'aide d'un calcul.

Exercice 3 Résistances en série



Un expérimentateur réalise le mesurage de la résistance de deux conducteurs ohmiques R_1 et R_2 à l'aide de l'ohmmètre numérique APPA 97. Il répète plusieurs fois ce mesurage pour chaque résistance, et observe que la valeur mesurée ne varie pas. Avec cet appareil, les valeurs mesurées sont $R_1 = 298,5\Omega$ et $R_2 = 2,551k\Omega$.

(5) Resistance

Range	Resolution	Accuracy (97)	Accuracy (97R)	Overload Protection
300 Ω	0.1 Ω	$\pm(1.0\%rdg + 4dgt)$	$\pm(0.7\%rdg + 4dgt)$	600V rms
3K Ω	1 Ω	$\pm(0.8\%rdg + 2dgt)$	$\pm(0.5\%rdg + 2dgt)$	
30K Ω	10 Ω			
300K Ω	100 Ω	$\pm(1.2\%rdg + 3dgt)$	$\pm(1.0\%rdg + 3dgt)$	
3M Ω	1K Ω			
30M Ω	10K Ω	$\pm(2.5\%rdg + 5dgt)$	$\pm(2.0\%rdg + 5dgt)$	

Q1 Rédiger le résultat de ces deux mesurages, en notation scientifique (en ohm).

La résistance équivalente, notée R_{eq} , est égale à la somme des deux résistances R_1 et R_2 .

Q2 Rédiger, en écriture scientifique (en ohm), le résultat du mesurage de la résistance équivalente R_{eq} , à l'aide de la formule suivante :

Formule littérale entre les différentes grandeurs	Formule pour déterminer l'incertitude-type de la grandeur :
$y = a \times x_1 + b \times x_2$ ou $y = a \times x_1 - b \times x_2$	$u(y) = \sqrt{(a \times u(x_1))^2 + (b \times u(x_2))^2}$

Exercice 4 Résultat du mesurage d'une masse avec une balance à aiguille



Une personne se pèse en utilisant un pèse-personne (balance à aiguille / analogique) : l'aiguille se positionne comme sur la photo ci-contre. Si la personne descend du pèse-personne et qu'elle y remonte, l'aiguille se positionne à l'identique.

Q1 Rédiger le résultat du mesurage, en écriture scientifique.

Exercice 5 Mesurage d'une intensité sans ampèremètre



Un étudiant réalise le mesurage de l'intensité d'un courant électrique par un processus expérimental indirect : il réalise le mesurage de la résistance d'un conducteur ohmique puis le mesurage de la tension électrique à ses bornes. Il aboutit au résultat suivant :

$$R_{exp} = 111,03 \Omega; u(R) = 0,14 \Omega$$

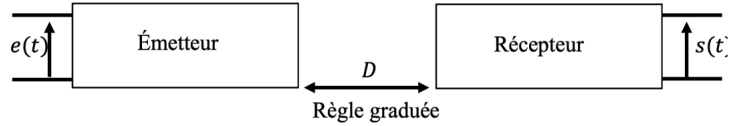
$$U_{exp} = 5,000 V; u(\bar{U}) = 0,036 V$$

Q1 Grâce à la loi d'Ohm $U = R \times I$, rédiger le résultat du mesurage de l'intensité, en écriture scientifique.

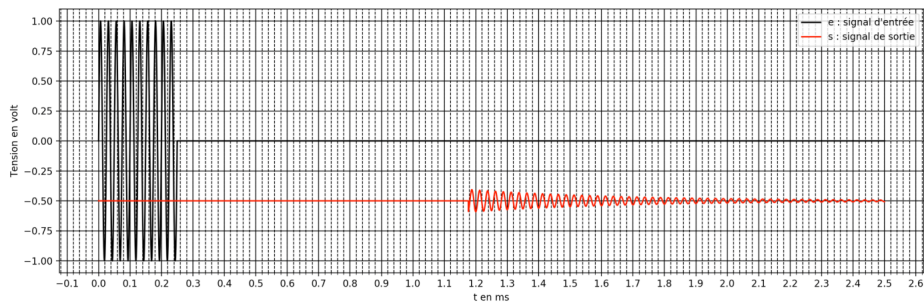
Exercice 6 Mesurage de la vitesse de propagation des ondes ultrasonores



Un expérimentateur effectue le mesurage indirect de la vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans l'air. Il réalise le montage suivant, constitué d'un émetteur à ultrasons (alimenté par la tension $e(t)$) et d'un récepteur à ultrasons placé à une distance D de l'émetteur. Entre l'émetteur et le récepteur, l'air de la salle (à 20°C) est le milieu matériel, support des ondes ultra-sonores.



La règle est graduée au millimètre. Pour une distance $D = 40,0\text{cm}$ (pour laquelle il n'effectue qu'une unique mesure), il obtient les représentations temporelles suivantes pour les tensions $e(t)$ et $s(t)$:



- Q1** Rédiger, en écriture scientifique, le résultat du mesurage de la distance D
- Q2** En déduire son incertitude-type relative.
- Q3** Rédiger, en écriture scientifique, le résultat du mesurage de la durée Δt (durée écoulée pour que l'onde ultra-sonore parcourt la distance D).
- Q4** En déduire son incertitude-type relative.
- Q5** Rédiger, en écriture scientifique, le résultat du mesurage de la vitesse de propagation des ondes ultra sonores, à l'aide de la formule suivante :

Formule littérale entre les différentes grandeurs	Formule pour déterminer l'incertitude-type de la grandeur :
$y = \frac{x_1}{x_2}$ ou $y = x_1 \times x_2$	$u(y) = y \times \sqrt{\left(\frac{u(x_1)}{x_1}\right)^2 + \left(\frac{u(x_2)}{x_2}\right)^2}$

La valeur de référence de la vitesse de propagation des ondes ultra-sonores est donnée par la formule suivante :

$$v_{ref} = 331,4 + 0,607 \times \Theta$$

Avec v_{ref} en m/s et Θ en $^{\circ}C$.

- Q6** Le mesurage réalisé est-il compatible avec cette valeur de référence ? Justifier votre réponse à l'aide d'un calcul.
- Q7** Proposer un protocole expérimental permettant d'envisager une meilleure compatibilité.

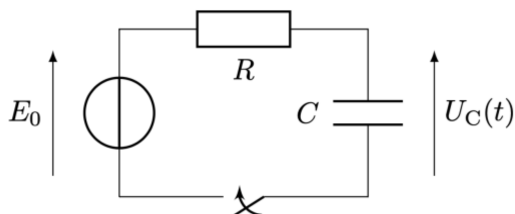
Exercice 7 Mesurage d'une valeur de capacité



Un expérimentateur effectue le mesurage indirect de la capacité d'un condensateur, notée C (dont l'unité est le Farad, notée F).

Il effectue le mesurage de la durée caractéristique de charge du condensateur, notée τ (dont l'unité est la seconde, notée s) et le mesurage de la résistance R (qu'il fait varier).

Pour cela, il réalise le montage suivant :



On rappelle la formule littérale liant τ , R et C :

$$\tau = R \times C$$

L'expérimentateur lit sur le condensateur la valeur $1,00mF$.

Il rédige l'ensemble des dix séries de valeurs mesurées dans le tableau ci-dessous :

R (en Ω)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
τ (en ms)	151	240	356	458	547	651	741	843	949	1041

Q1 Calculer les 10 valeurs mesurées pour la capacité C (en mF).

Q2 Rédiger, en écriture scientifique, le résultat du mesurage de la capacité C (en mF).

Q3 Le mesurage réalisé est-il compatible avec la valeur de référence de la capacité C ? Justifier votre réponse à l'aide d'un calcul.

Q4 Le mesurage est-il juste? fidèle? Justifier.

Face à ce constat, l'expérimentateur décide de démissionner et de partir élever des chèvres en Ardèche. En rédigeant sa lettre de démission, il lève les yeux sur la façade du générateur de tension et s'aperçoit qu'une résistance interne r est présente dans ce générateur. Il lit « OUTPUT 50Ω ». Il découvre alors que le modèle utilisé depuis le début est faux!

La formule littérale correcte est :

$$\tau = (R + r) \times C$$

Il jette sa lettre de démission et réalise une mesure unique de cette résistance interne : $r = 54\Omega$.

Q5 Calculer les 10 nouvelles valeurs mesurées pour la capacité C (en mF).

Q6 Rédiger le résultat du nouveau mesurage de la capacité C (en mF).

Q7 Le mesurage réalisé est-il compatible avec la valeur de référence de la capacité C (doit-il commencer à s'entraîner pour la traite des chèvres?)? Justifier votre réponse à l'aide d'un calcul.

Q8 Le mesurage est-il juste? fidèle? Justifier.

Exercice 8 Mesurage d'une résistance



Une étudiante réalise le mesurage de la résistance R d'un conducteur ohmique à l'aide du multimètre MX579, en étant sur le calibre 200.

L'appareil indique une valeur fixe comme sur la photo ci-dessous : un second mesurage conduit à la même photo.



Un extrait de la fiche technique est donné ci-dessous :

RESISTANCES :

Calibre	Résolution	Précision $\pm(n\%L + mUR^*)$	Coeff. de Ture.	Courant nominal	Protection
200 Ω	10m Ω	0,2 % + 5 UR	2E-4/K	1mA	380V-
2k Ω	100m Ω	0,2 % + 2 UR	"	"	"
20k Ω	1 Ω	0,1 % + 3 UR	"	10 μ A	"
200k Ω	10 Ω	"	"	1 μ A	"
2M Ω	100 Ω	0,2 % + 3 UR	"	0,1 μ A	"
20M Ω	1k Ω	0,3 % + 3 UR	3E-4/K	"	"

Q1 Rédiger le résultat du mesurage en Ω .

La même étudiante réalise le mesurage de la résistance R d'un conducteur ohmique à l'aide du multimètre MX579, en étant sur le calibre 2k Ω .

L'appareil indique une valeur fixe comme sur la photo ci-contre : un second mesurage conduit à la même photo.



Q2 Rédiger le résultat du mesurage, en écriture scientifique, en ohm.