

Complément du guide de laboratoire

Généralités et chiffres significatifs

Nous avons pensé écrire ce document afin de vous aider à réaliser vos rapports de laboratoires dans le cadre du cours **PHS1102**. Bien que ce document n'a pas les prétentions d'être exhaustif, il vous permettra certainement d'améliorer la présentation de vos résultats dans vos rapports. En plus du guide de laboratoire, les correcteurs s'appuieront également sur les éléments du présent complément pour corriger les rapports de laboratoire.

Généralités dans la présentation du rapport de laboratoire.

- Dans la présentation d'un nombre décimal, bien que certaines règles peuvent exister quand au choix de la virgule ou du point, nous vous demandons simplement d'être cohérents dans votre notation tout au long de votre rapport de laboratoire (conserver le point ou la virgule comme marqueurs de décimales tout au long du rapport).
- Tout au long de votre baccalauréat, nous vous conseillons de maintenir une haute qualité du français dans vos écrits. En plus de valoir une pondération (les correcteurs de **PHS1102** tiennent compte des erreurs de français), cela vous sera très utile tout au long de votre carrière (rédaction de lettres, de cv, etc...). L'évaluation du français compte pour une partie des points de la section *présentation*.
- Au sujet de la présentation, il faut retenir que la lecture d'un rapport est facilitée par une disposition en paragraphes et en sections dégagées.
- La présentation des résultats s'incorpore au texte : dans son ensemble, le rapport doit pouvoir se lire de façon fluide. Il est déconseillé de présenter en bloc plusieurs tableaux. De manière générale, tous les tableaux, figures et graphiques doivent être introduits dans le texte (i.e. le tableau X.Y présente les résultats de...).
- Dans la même veine que le point précédent, la présentation des calculs types est lourde lorsque placée directement dans le texte. Nous vous suggérons, sans vous l'imposer, d'insérer les calculs types en annexe, en y faisant référence à un endroit approprié dans le texte de votre rapport.

- Nous souhaitons que la mise en équations soit la plus claire possible. Nous suggérons fortement l'emploi de l'éditeur d'équations de Word, de LaTeX de Maple, etc... pour les équations plus élaborées.
- Une liste exhaustive des instruments requis pour le laboratoire est très fastidieuse. Nous vous recommandons donc d'identifier les instruments (marque et fonction) directement sur le schéma du montage. Ce schéma doit également comprendre les bornes (+ ou -), fils et branchements qui représentent le montage réel que vous avez effectué.

Chiffres significatifs

Sur une mesure

Sur une mesure, il est important de ne pas préciser celle-ci au-delà de l'incertitude.

Exemple. Si vous dites que vous mesurez 1,6454232 m de haut et que vous avez mesuré ceci avec une résolution de $\pm 0,001$ m, il y a un problème... Vous auriez dû dire $(1,645 \pm 0,001)$ m.

Sur l'incertitude d'une mesure

Pour vos appareils de mesure, vous devez considérer les tableaux en fin de votre guide de laboratoire.

Exemple. Vous utilisez le multimètre DM-8034 de Instek Corp. comme ampèremètre en courant alternatif (AC). Vous êtes dans l'échelle 200 μA et vous lisez un courant I de 126,1 μA .

Pour ce cas précis, vous devez utiliser l'équation suivante donnant l'incertitude de mesure (voir tableau 7.8 du manuel de laboratoire) :

$$\begin{aligned}\Delta I &= \pm (1,0 \% \cdot \text{lecture} + 4 \cdot \text{résolution}) = \pm ((0,01) \cdot (126,1) + 4 \cdot (0,1)) \\ &= \pm 1,661 \mu\text{A}\end{aligned}$$

On devra alors présenter le résultat de la mesure comme suit :

$$I = (126 \pm 2) \mu\text{A} \quad (\text{emploi d'un seul chiffre significatif})$$

ou

$$I = (126,1 \pm 1,7) \mu\text{A} \quad (\text{emploi de deux chiffres significatifs})$$

Pour les autres appareils, vous pourrez vous fier aux règles générales suivantes :

- Appareil numérique dont la précision n'est pas spécifiée dans le cahier de labo : Prendre l'ordre de grandeur (l'unité) du dernier chiffre affiché.

Exemple. Le vernier affiche une épaisseur avec un nombre dont l'unité du dernier chiffre affiché est 0,01 mm. On prendra donc comme incertitude de mesure du vernier la valeur $\pm 0,01$ mm.

- Appareils analogiques (appareils avec cadran où on lit la position d'un marqueur sur un échelle (exemples : une règle, l'oscilloscope, etc...))
On prend 2 x moitié de la plus petite division comme incertitude de mesure.

Exemple 1. Mesure d'une tension avec l'oscilloscope

Vous lisez une tension crête à crête de 7,2 carreaux à l'oscilloscope à l'échelle 1 volt/div.

Attention ! Sur l'oscilloscope, le mot *div* correspond à un carreau et non à la plus petite division que vous pouvez lire (une petite coche).

On obtient donc une tension $V = 7,2$ carreaux \times 1 volt/carreau = 7,2 volts.
Pour l'incertitude, la plus petite division (une coche) correspond à 1/5 d'un carreau. La moitié de celle-ci vaut donc 1/10 d'un carreau. On obtient donc une incertitude de mesure de V :

$$\begin{aligned}\Delta V &= \pm 2 \times 1/10 \text{ carreau} \times \text{échelle} \\ &= \pm 2 \times 1/10 \text{ carreau} \times 1 \text{ volt/carreau} = \pm 0,2 \text{ volt.}\end{aligned}$$

On présentera donc le résultat de la mesure comme suit :

$$V = (7,2 \pm 0,2) \text{ V}$$

Exemple 2. Mesure d'une fréquence avec l'oscilloscope

Pour mesurer l'incertitude sur une fréquence, on doit passer par la mesure de la période. Supposons, par exemple, que l'oscilloscope est en position 0,1 ms/div, de façon analogue à l'exemple précédent, on aura pour l'incertitude de mesure de la période ΔT

$$\Delta T = 2 * (1/2 * 1/5 * 0,1 \text{ ms}) = 0,02 \text{ ms}$$

La période est comme on le sait, liée à la fréquence et à la fréquence angulaire :

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$$

L'incertitude relative de la période sera donc la même que celle de la fréquence angulaire ω (et que celle de la fréquence f). On peut donc montrer que :

$$\Delta f = \frac{\Delta T}{T^2} = \frac{\Delta T \cdot f}{T}$$

$$\Delta \omega = \frac{2\pi \Delta T}{T^2} = \frac{\Delta T \cdot \omega}{T}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta \omega}{\omega} = \frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta T}{T}$$

!!IMPORTANT !

En résumé et afin de suivre les conventions de votre cahier de laboratoire, nous dirons qu'une incertitude de mesure doit être présentée avec un ou deux chiffres significatifs au plus. La mesure elle-même devra donc être présentée en ne donnant pas plus de précision que ce que l'incertitude permet.

Sur l'incertitude calculée

Afin de suivre les conventions de votre cahier de laboratoire, nous dirons qu'une incertitude doit être présentée avec un ou deux chiffres significatifs au plus. **Cependant**, veuillez noter que dans les calculs menant au résultat final sur l'incertitude, il faut utiliser tous les chiffres disponibles. Ce n'est que le résultat qu'on présentera à l'aide d'un ou deux chiffres significatifs.

Exemple. Soit F une variable dépendant des variables A et B selon l'équation suivante :

$$F = A + B$$

Alors l'incertitude sur la variable F s'écrit, en prenant comme exemple la méthode des dérivées partielles :

$$\Delta F = |\partial F / \partial A| \Delta A + |\partial F / \partial B| \Delta B = \Delta A + \Delta B$$

Et si on a que $A = 3,25 \pm 1,4$ et $B = 1,15 \pm 0,23$, alors, on écrit pour A et B :

$A = 3 \pm 1$ et $B = 1,2 \pm 0,2$ (emploi d'un seul chiffre significatif)

ou

$A = 3,3 \pm 1,4$ et $B = 1,15 \pm 0,23$ (emploi de deux chiffres significatifs)

MAIS on calcule F et ΔF de la façon suivante :

$$F = 3,25 + 1,15 = 4,40 \text{ et}$$

$$\Delta F = 1,4 + 0,23 = 1,63.$$

On devra alors présenter le résultat du calcul de F et ΔF comme suit :

$F = 4 \pm 2$ (emploi d'un seul chiffre significatif)

ou

$F = 4,4 \pm 1,6$ (emploi de deux chiffres significatifs)

Répétiteurs Hiver 2005, ING1000

Stéphane Turcotte

Daniel Summers-Lépine

Sylvain O'Reilly

Gabriel Monette

Alexandre Beausoleil

et

David Ménard