

## **L'INCERTITUDE SUR LES MESURES EXPÉRIMENTALES**

Toutes mesures prises en laboratoire comportent une incertitude :

- La moitié de la plus petite division pour des instruments de mesure avec une échelle graduée (thermomètre au mercure, balance graduée, cylindre gradué, etc.)



Sur le thermomètre ci-contre, la plus petite division est de 2°C. L'incertitude de cet instrument de mesure sera donc  $\pm 1^\circ\text{C}$ .

- La plus petite division pour des instruments de mesure électronique (balance électronique, thermomètre digital, etc.)



Ce thermomètre étant digital, l'incertitude de cet instrument est représentée par la plus petite division soit  $\pm 0.1^\circ\text{C}$ .

### **Chiffres significatifs**

Le nombre de chiffres que nous devons inscrire dans une réponse doit suivre des règles : le nombre de chiffres significatifs doit être respecté. Les règles que nous verrons ici sont relativement simples :

1. Le nombre de chiffres significatifs d'une incertitude absolue doit pas être plus grand que 1
2. Le nombre de chiffres après la virgule d'une mesure doit être égal au nombre de chiffres après la virgule de l'incertitude absolue.

Par exemple, si la plus petite division d'une règle est de 0.5cm, la moitié de la plus petite division est alors de 0.25cm. Voici comment respecter les deux règles ci-haut :

1. Le nombre de chiffres significatif d'une incertitude absolue ne doit pas dépasser 1 : présentement, 0.25cm comporte deux chiffres significatifs (le 2 et le 5). Pour respecter la règle, j'arrondis l'incertitude absolue et j'inscris  $\pm 0.3\text{cm}$
2. Si je mesure 2cm, je dois inscrire  $(2.0 \pm 0.3)\text{cm}$  pour que la mesure ait le même nombre de chiffres après la virgule que l'incertitude.

## Incertitude absolue et incertitude relative

- **L'incertitude absolue** ne dépend en aucun cas de la mesure prise. Elle ne dépend que de l'instrument de mesure (voir exemples ci-haut représentant tous deux des incertitudes absolues). L'incertitude absolue est, la plupart du temps, celle présentée dans vos tableaux des résultats.
- **L'incertitude relative** est le rapport entre l'incertitude absolue de l'instrument de mesure et la mesure prise avec cet instrument. Elle indique le pourcentage d'erreur que notre mesure comporte. Elle est donc un bon indice de la précision de notre mesure.  
Incertitude relative (%) =  $\frac{\Delta x \text{ (incertitude absolue de la mesure)}}{x \text{ (valeur de la mesure)}} * 100\%$ . L'incertitude relative n'a donc pas d'unité. Elle s'exprime en %. Voyons ces deux exemples, où, avec la même règle, je mesurerai la largeur d'une feuille de papier et la largeur de mon doigt.

Considérons une règle de 30cm standard dont la moitié de la plus petite division est de 0.05cm.

**Règle** : La largeur de la feuille mesure 21.5 cm.

La valeur est donc de (21.50 ± 0.05) cm (voir section des chiffres significatifs pour le 21.50 au lieu de 21.5)

(21.50 ± 0.05) cm est la représentation de la mesure avec l'incertitude absolue

Calculons l'incertitude relative :  $\frac{0.05cm}{21.50cm} * 100\% = 0.2\%$

La largeur de la feuille mesure donc 21.50 cm ± 0.2%

**Doigt** : La largeur de mon doigt mesure 1.3 cm (valeur de 1.30 ± 0.05) cm pour la représentation avec l'incertitude absolue)

Calculons l'incertitude relative :  $\frac{0.05cm}{1.30cm} * 100\% = 4\%$

La largeur de mon doigt mesure donc 1.30 cm ± 4%

Nous voyons donc que l'erreur relative apporte une information supplémentaire. La mesure de la largeur de la feuille est plus précise que la mesure de la largeur de mon doigt. L'instrument de mesure était donc plus approprié pour la feuille que pour le doigt (un instrument plus précis aurait été mieux).

Pour les cours que vous suivez présentement, lorsque vous exprimez une réponse avec une incertitude relative, le nombre de chiffres après la virgule à indiquer dans la valeur sera le même que si vous aviez exprimé votre réponse avec une incertitude absolue. Comme nous pouvons voir dans les deux exemples présentés, il y avait deux chiffres après la virgule lorsque la réponse était exprimée à l'aide de l'incertitude absolue. Nous gardons donc deux chiffres après la virgule lorsque nous exprimons la réponse à l'aide de l'incertitude relative.

## **Les incertitudes sur les additions et les soustractions de mesure**

Lorsque nous mesurons la distance entre deux points A et B, nous devons mesurer la position du point A et la position du point B. Ces deux mesures comportent une incertitude absolue. Lorsque nous calculerons la distance entre ces deux points (position de B – position de A), le calcul comportera aussi une incertitude qui ne sera pas la même que celle des valeurs mesurées. **L'incertitude sur une addition ou une soustraction est l'addition des incertitudes de toutes les valeurs.**

Prenons un exemple pour bien comprendre

Un bout de papier A mesure  $10\text{cm} \pm 1\text{cm}$  : c'est donc dire que la valeur mesurée peut être comprise entre 9cm (minimum) et 11cm (maximum)

Un bout de papier B mesure  $20\text{cm} \pm 1\text{cm}$  : c'est donc dire que la valeur mesurée peut être comprise entre 19cm (minimum) et 21cm (maximum)

Je veux savoir quelle longueur auront les deux bouts de papier mis bout à bout.

En additionnant les deux valeurs, nous obtenons une longueur de 30cm (valeur moyenne).

Supposons que les deux valeurs soit au minimum (papier A = 9cm et papier B = 19cm), la longueur bout à bout des deux papiers est alors 28cm (soit 2cm de moins que la valeur moyenne). Supposons, au contraire, que les deux valeurs soit au maximum (papier A = 11cm et papier B = 21cm), la longueur bout à bout des deux papiers est alors 32cm (soit 2cm de plus que la valeur moyenne).

La valeur est donc de  $30\text{cm} \pm 2\text{cm}$ .

$$(10\text{cm} \pm 1\text{cm}) + (20\text{cm} \pm 1\text{cm}) = 30\text{cm} \pm 2\text{cm}$$

Il en va de même pour les soustractions (nous devons additionner les incertitudes) :

$$(20\text{cm} \pm 1\text{cm}) - (10\text{cm} \pm 1\text{cm}) = 10\text{cm} \pm 2\text{cm}$$

## **Exercices**

1. Réécrivez les expressions suivantes en vous assurant de respecter les règles concernant les chiffres significatifs :
  - A)  $125.66 \pm 0.878$
  - B)  $188.75 \pm 0.5$
  - C)  $0.05295 \pm 0.00236$
  - D)  $133.33 \pm 0.1$
  - E)  $153.36 \pm 0.15$
  - F)  $210.5 \pm 1$
  
2. Transformez les incertitudes suivantes en incertitude relative :
  - A)  $125.7 \pm 0.5$
  - B)  $0.33 \pm 0.01$
  - C)  $130.2 \pm 0.1$
  - D)  $10.00 \pm 0.05$
  
3. Faites les additions et les soustractions suivantes (n'oubliez pas de respecter les chiffres significatifs dans vos réponses) :
  - A)  $(100 \pm 1) + (200 \pm 2)$
  - B)  $(10.25 \pm 0.05) - (9.03 \pm 0.06)$
  - C)  $(25.32 \pm 0.01) - (10.30 \pm 0.01)$
  - D)  $(102.36 \pm 0.07) + (205.04 \pm 0.04)$
  - E)  $(10.25 \pm 0.05) + (9.03 \pm 0.06)$
  
4. Lors d'une expérience, vous cherchez à savoir la masse de 100ml d'eau. Vous mesurez donc 100ml d'eau à l'aide d'un cylindre gradué dont la plus petite division est de 1ml. Par la suite, vous pesez un bécher vide à l'aide d'une balance dont la plus petite division est de 0.01g. Vous transvasez l'eau dans le bécher et vous pesez, à l'aide de la même balance, le bécher rempli d'eau. Le bécher seul a une masse de 65.1g et le bécher rempli d'eau à une masse de 165.54g. À l'aide de ces données, remplissez le tableau suivant en inscrivant les bonnes incertitudes et en vous assurant de respecter les règles concernant les chiffres significatifs.

Tableau des résultats : masse de 100ml d'eau

Volume de l'eau (ml)	±	
Masse du bécher vide (g)	±	
Masse du bécher rempli d'eau (g)	±	
Masse de 100 ml d'eau (g)	±	

## **Réponses:**

1. Réécrivez les expressions suivantes en vous assurant de respecter les règles concernant les chiffres significatifs :

- A)  $125.7 \pm 0.9$
- B)  $188.8 \pm 0.5$
- C)  $0.053 \pm 0.002$
- D)  $133.3 \pm 0.1$
- E)  $153.4 \pm 0.2$
- F)  $211 \pm 1$

2. Transformez les incertitudes suivantes en incertitude relative :

- A)  $125.7 \pm 0.5 = 125.7 \pm 0.4\%$
- B)  $0.33 \pm 0.01 = 0.33 \pm 3\%$
- C)  $130.2 \pm 0.1 = 130.2 \pm 0.08\%$
- D)  $10.00 \pm 0.05 = 10.00 \pm 0.5\%$

3. Faites les additions et les soustractions suivantes (n'oubliez pas de respecter les chiffres significatifs dans vos réponses) :

- A)  $(100 \pm 1) + (200 \pm 2) = 300 \pm 3$
- B)  $(10.25 \pm 0.05) - (9.03 \pm 0.06) = 1.22 \pm 0.11 = 1.2 \pm 0.1$
- C)  $(25.32 \pm 0.01) - (10.30 \pm 0.01) = 15.05 \pm 0.02$
- D)  $(102.36 \pm 0.07) + (205.04 \pm 0.04) = 307.40 \pm 0.11 = 307.4 \pm 0.1$
- E)  $(10.25 \pm 0.05) + (9.03 \pm 0.06) = 19.28 \pm 0.11 = 19.3 \pm 0.1$

4.

Volume de l'eau (ml)	$\pm 0.5\text{ml}$	100.0
Masse du bécher vide (g)	$\pm 0.005\text{g}$	65.100
Masse du bécher rempli d'eau (g)	$\pm 0.005\text{g}$	165.540
Masse de 100 ml d'eau (g)	$\pm 0.01\text{g}$	100.44