Activité : Erreurs et incertitudes

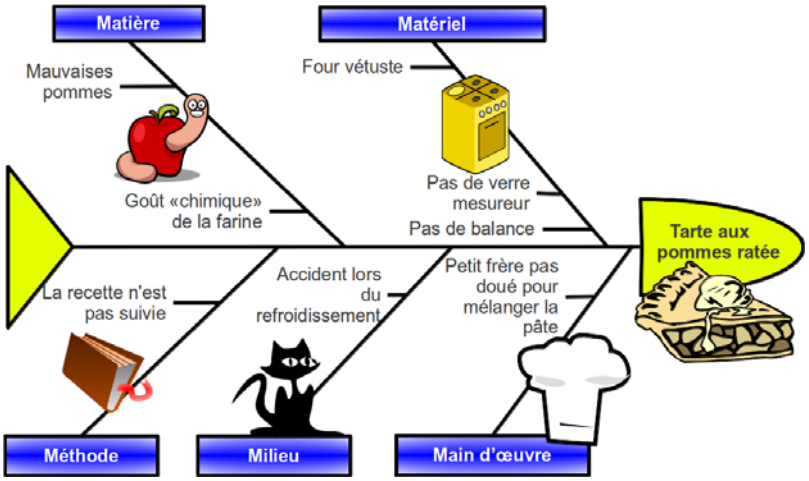
I. Vocabulaire

- La grandeur **M** que l'on veut mesurer est appelée le mesurande.
- On appelle mesurage l'action de mesurer, c'est à dire l'ensemble des opérations permettant de déterminer expérimentalement une valeur, notée **m**.
- La valeur vraie M_{vraie} est la valeur que l'on obtiendrait si le mesurage était parfait. Un mesurage n'étant jamais parfait il ya toujours une erreur de mesure : Erreur = m - M_{vraie}

L'**erreur de mesure** est l'écart entre la valeur mesurée et la valeur vraie.
L'incertitude de mesure est une estimation de l'erreur de mesure.

II. Comment recenser les erreurs de mesures ?

Réponse :
la méthode des 5 M



III. Incertitudes et expression d'un résultat de mesurage

L'incertitude est notée u (uncertainty) c'est l'incertitude "type" u(M) .
Elle se calcule à l'aide de formules en fonction du type d'incertitude type A ou type B ou incertitude indirecte.

Ecriture du résultat de la mesure **M = m ± u(M)** unités

- on devra arrondir à la valeur supérieure u(M) avec 1 seul chiffre significatif (ou 2 dans certains cas), arrondi **par excès** ;
- on devra écrire m avec le même nombre de décimales que u(M) (même puiss de 10) et la même unité

IV. Comment évaluer la valeur mesurée et l'incertitude ?

1- Incertitude de type A = Incertitude statistique lors de plusieurs mesures réalisées dans les mêmes conditions de répétabilité (même opérateur, même matériel, …).
Soient **n** mesures effectuées dans les mêmes conditions expérimentales dites conditions de répétabilité

- La valeur retenue comme valeur mesurée est la moyenne : $\bar{m}$
- L'incertitude-type est telle que : $u(M) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ avec σ écart-type de l'échantillon de mesures
- Pour calculer σ on utilise la fonction "σ_{n-1}" ou "s" des calculatrices, écart d'un échantillon de mesures ou le logiciel GUM.

2- Incertitude de type B = incertitude liée aux appareils de mesures utilisés.
On réalise une seule mesure donc m est la valeur du résultat de mesure.

Cas usuels	Formule pour calculer l'incertitude-type
Appareil analogique (appareil à cadran, réglet, ...)	$u_{lecture}(M) = \frac{graduation}{\sqrt{3}}$
Appareil numérique (voltmètre, ampèremètre,…)	$u(M) = \frac{précision}{\sqrt{3}} = \frac{(\% \times lecture + n \times digit)}{\sqrt{3}}$

	Les valeurs de % et n sont données par le constructeur, le digit est la plus petite valeur affichable sur l'écran
Autre instrument (verrerie,...) avec la précision ou tolérance du constructeur	$u_{instrument}(M) = \frac{\text{tolérance}}{\sqrt{3}}$

V. Ecart à la valeur de référence

L'écart à la valeur de référence se détermine si on connait la valeur de référence (valeur vraie) de la grandeur mesurée par l'expression (donnée):

$z = \frac{\left|m_{mesurée} - m_{référence}\right|}{u(M)}$ cet écart doit -être inférieur à 3.

La valeur vraie doit-être contenue dans l'intervalle de confiance de l'incertitude [m – 3u(M) ; m + 3u(M)] cela permet de valider ou non la mesure et son protocole associé.

Quelques applications

Exercice 1 : écriture d'un résultat

Anne mesure l'épaisseur **e** d'un fil à l'aide d'un palmer
Elle lit : 0,42 mm. Elle évalue l'incertitude type u(e) grâce à un calcul donné par une formule .
Sa machine à calculer lui indique u(e) = 0,0964 mm
Ecrire le résultat de cette mesure en tenant compte de l'incertitude.
Même question pour une mesure d'éclairement : E = 100,23465 lux avec u(E) = 0,208 lux
Même question pour une mesure de masse : m = 4,1 g avec u(m) = 0,0861 g

Exercice 2 : Incertitudes de type B

Dans chacun des cas ci-dessous, exprimer correctement le résultat du mesurage .

Thermomètre gradué en °C

Précision = 3% valeur lue+1 digit

Exercice 3 : Détermination de l'indice de réfraction de l'eau

Des élèves d'une classe de seconde mettent en place une expérience de réfraction dans le but de déterminer l'indice de réfraction de l'eau n_{eau}. Après plusieurs mesures d'angles d'incidence et de réfraction d'un faisceau laser passant de l'air dans l'eau, les binômes de la classe obtiennent les résultats suivants :

Binôme	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Valeur de n_{eau}	1,28	1,41	1,33	1,33	1,24	1,29	1,31	1,32	1,38

1. À l'aide des formules données précédemment, évaluer la valeur moyenne de l'indice de réfraction de l'eau.
2. Évaluer l'incertitude de répétabilité sur le résultat .
3. Présenter le résultat sous la forme : n_{eau} = valeur moyenne ± $u(n_{eau})$