

1. Erreurs

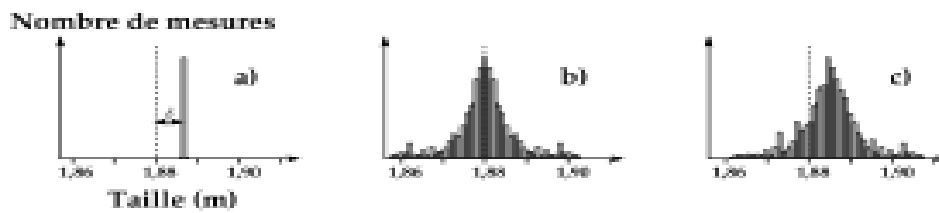


Figure 1 – Les différents types d’erreurs, a) le cas d’une mesure avec uniquement une erreur systématique, b) le cas d’une mesure avec uniquement des erreurs aléatoires, c) le cas d’une mesure réelle présentant simultanément les deux types d’erreurs.

1.1. Erreur de mesure, erreur

Différence entre la valeur mesurée d’une grandeur et une valeur de référence.

$$E = V_m - V_r$$

1.2. Erreur systématique

Composante de l’erreur de mesure qui, dans des mesurages répétés, demeure constante ou varie de façon prévisible.

$$E_s = V_{\text{moy}} - V_r$$

1.3. Erreur aléatoire

Composante de l’erreur de mesure qui, dans des mesurages répétés, varie de façon imprévisible.

$$E_a = V_{\text{moy}} - R_{\text{individuel}}$$

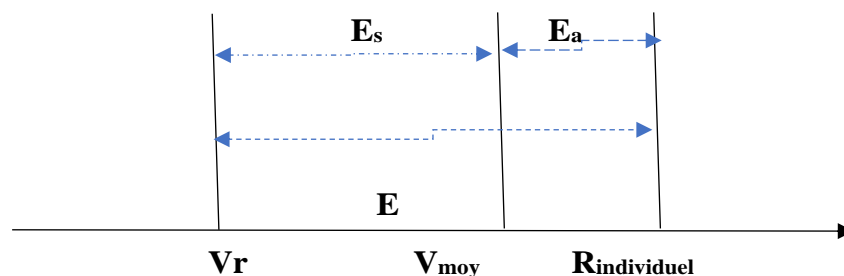
Biais de mesure, biais, erreur de justesse

Estimation d'une erreur systématique.

Connaître l'erreur sous-entend connaître la valeur vraie du mesurande, ce qui n'est possible que pour des objets étalonnés. Il est en général possible (et souhaitable) d'estimer le biais pour réduire au maximum les erreurs systématiques. La prise en compte de l'erreur aléatoire pourra être prise soit explicitement avec un calcul d'incertitude de type A ou implicitement avec un calcul d'incertitude de type B.

Si l'erreur aléatoire peut toujours être prise en compte en répétant les mesures, il peut être plus difficile d'estimer le biais qui tient compte des connaissances physiques du moment. Par exemple, la prise en compte du fond diffus cosmologique, de la radioactivité

Ambiante, de la température et ses effets, de la pression, etc. Seule l'opération de calibrage des instruments avec des étalons fiables peut permettre d'assurer la minimisation de l'erreur systématique.



2. Incertitude

Incertitude de mesure

Paramètre non négatif qui caractérise la dispersion des valeurs attribuées à un mesurande, à partir des informations utilisées.

Incertitude-type

Incetitude de mesure exprimée sous la forme d'un écart-type.

Incetitude définitionnelle

Composante de l'incertitude de mesure qui résulte de la quantité finie de détails dans la définition d'un mesurande.

Facteur d'élargissement

Nombre supérieur à un par lequel on multiplie une incertitude-type composée pour obtenir une incertitude élargie.

Incertitude élargie

Produit d'une incertitude-type composée et d'un facteur supérieur au nombre un.

Évaluation de type A de l'incertitude

Évaluation d'une composante de l'incertitude par une analyse statistique des valeurs mesurées obtenues dans des conditions définies de mesurage.

Évaluation de type B de l'incertitude

Évaluation d'une composante de l'incertitude de mesure autrement que par une évaluation de type A de l'incertitude.

L'incertitude est une composante de la mesure, on ne peut que l'estimer. En général, on exprime une incertitude élargie qui inclue simultanément l'incertitude définitionnelle et l'incertitude liée au processus de mesure (liée à l'étude statistique de plusieurs de mesures et aux effets systématiques connus).

L'incertitude définitionnelle peut-être non négligeable si la définition du mesurande est peu précise (influence de la température sur le mesurande par exemple). Elle peut par contre être négligeable ou nulle pour des étalons ou des grandeurs fixées par convention.

2.1. Notation des incertitudes

- Incertitude absolue

Le résultat d'une mesure correctement menée est la certitude que x , la valeur numérique cherchée, soit comprise entre deux valeurs m

$$m_1 \leq m \leq m_2:$$

En général, m_1 et m_2 sont assez voisins et l'on préfère écrire le résultat sous la forme :

$$m_0 - \Delta m \leq m \leq m_0 + \Delta m.$$

La quantité Δx s'appelle l'incertitude absolue sur la mesure ; c'est une quantité toujours Positive, de même nature que x , qui s'exprime avec une unité. Le résultat d'une mesure se notera donc :

$$m = m_0 \pm \Delta m.$$

Exemple : $m = 1.35 \pm 0.02$ kg veut dire que la masse $m = 1.35$ kg à 0.02 kg près.

2.2. Évaluation de type A de l'incertitude

Lorsque c'est possible, avoir une étude statistique plutôt qu'une unique mesure permet de réduire de manière significative l'incertitude. En plus de la diminution de l'incertitude, un ensemble de mesure permet de prendre simultanément en compte des effets qui sont autrement difficiles à estimer. L'intérêt des méthodes statistiques est d'autant plus élevé que le nombre de mesure est grand.

2.2.1 Écart-type, variance

Suite à l'ensemble des mesures m_1, \dots, m_n , il faut calculer la valeur moyenne \bar{m} ainsi que l'écart-type de la moyenne σ_m .

La moyenne est :

$$\bar{m} = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n m_n$$

$$\bar{m} = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n}{n}$$

L'écart-type sans biais (standard deviation en anglais) est égal à :

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_1^n (m_n - \bar{m})^2}$$

L'incertitude-type à retenir est l'écart-type de la moyenne :

$$U_{\bar{m}} = \frac{\sigma_m}{\sqrt{n}}$$

2.2.2. Incertitude élargie

Comme déjà évoqué, l'incertitude sur l'incertitude dans le cas d'une évaluation de type A peut être très importante. Il est donc nécessaire de multiplier l'incertitude-type $U_{\bar{m}}$ par un coefficient k pour avoir une incertitude en adéquation avec le niveau de confiance exigé. Le plus

TP métrologie

Mesure et instrumentation

Mesure, erreur et incertitude

couramment, c'est le test-t ou test de Student qui est utilisé. La valeur du coefficient k dépend du nombre de valeurs par mesurage.

Il faut ensuite utiliser le tableau donné qui donne **k** en fonction du nombre de valeurs par mesurage et du niveau de confiance souhaité ($n: x\%$). L'incertitude finale U_m est alors égale à :

$$U_m = kU_{\bar{m}}$$

	90.0%	95.0%	98.0%	99.0%	99.9%
2	6.31	12.71	31.82	63.66	636.58
3	2.92	4.30	6.96	9.92	31.60
4	2.35	3.18	4.54	5.84	12.92
5	2.13	2.78	3.75	4.60	8.61
6	2.02	2.57	3.36	4.03	6.87
7	1.94	2.45	3.14	3.71	5.96
8	1.89	2.36	3.00	3.50	5.41
9	1.86	2.31	2.90	3.36	5.04
10	1.83	2.26	2.82	3.25	4.78
11	1.81	2.23	2.76	3.17	4.59
13	1.78	2.18	2.68	3.05	4.32
15	1.76	2.14	2.62	2.98	4.14
18	1.74	2.11	2.57	2.90	3.97
21	1.72	2.09	2.53	2.85	3.85
31	1.70	2.04	2.46	2.75	3.65
41	1.68	2.02	2.42	2.70	3.55
51	1.68	2.01	2.40	2.68	3.50
101	1.66	1.98	2.36	2.63	3.39
10001	1.64	1.96	2.33	2.58	3.29

← Interval de Conf

← Coef de Student (k)

Nombre de valeurs par mesurage →