الجمهـــــوريّة الجزائريّـــــــة الدّيمقراطيّـــــــة الشّعبيّــــة
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليــــم العالــــي والبحــــث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed Khider – Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département Génie mécanique

جامعة محمد خيضر- بسكرة
كليّة العلوم والتكنولوجيا
قسم الهندسة الميكانيكية

MÉTROLOGIE

Chapitre 3. Caractéristiques métrologiques des appareils de mesures

Enseignant : Hadef Saddek

Chapitre 3. Caractéristiques métrologiques des appareils de mesures

Objectifs

Comprendre les principaux concepts et caractéristiques métrologiques liés aux appareils de mesure, afin d'acquérir les connaissances nécessaires pour choisir, utiliser et interpréter les résultats fournis par ces instruments de manière précise et fiable.

3.1. Introduction

La question que tout le monde se pose face à un résultat de mesure ou d'essai est la suivante : quelle confiance puis-je avoir dans ce résultat ?

L'incertitude a donc pour but de « chiffrer cette confiance » ; elle traduit la dispersion des valeurs associées au mesurande. Elle doit être établie de manière raisonnable et s'exprime sous forme d'un écart-type. Le but ultime de cette incertitude est de fixer un intervalle que l'on aimerait le plus étroit possible et dont on espère que la valeur vraie du mesurande y soit incluse. D'une façon générale la métrologie a pour but de définir la valeur de grandeurs physiques avec un degré d'incertitude aussi faible que nécessaire.

Exemple :

Mesure d'une pièce cotée 100±0,1 avec un pied à coulisse.

Un calcul d'incertitude a donné ±0,04 à 95% → Si la mesure est 100,08, il y a 95% de chance que la pièce ait une dimension comprise entre 100,04 et 100,12. En fonction du risque choisi, la pièce sera déclarée **conforme** avec **risque** ou sera **rejetée**.

Chapitre 3. Caractéristiques métrologiques des appareils de mesures

Si l'on considère la mesure d'une grandeur réelle X, le résultat brut de cette mesure X_i, la valeur fournie par l'appareillage utilisé, sera toujours entachée d'une erreur e. Pour se convaincre de la validité de cette affirmation, il suffirait de demander à n personnes de mesurer de façon totalement indépendante une grandeur réelle X donnée, on constaterait alors que l'on obtiendrait n résultats Xi différents (Figure 3-1), ce qui signifie qu'aux moins $n - 1$ personnes ont commis une erreur en effectuant leur mesure. Les raisons de ces erreurs proviennent essentiellement de l'imperfection des processus mis en œuvre pour réaliser les mesures.

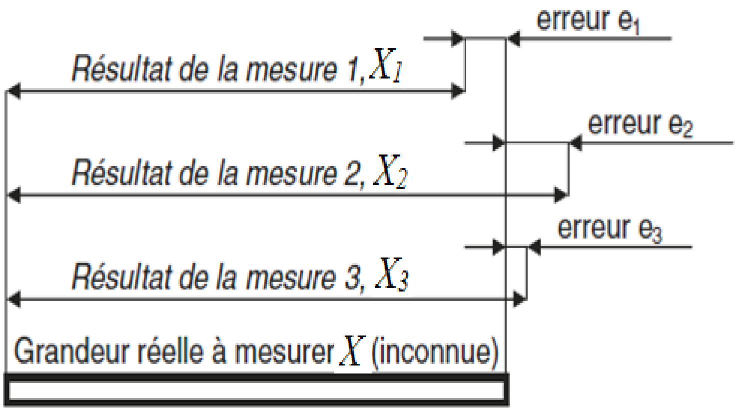


Figure 3-1 : Représentation des erreurs de mesure

Nous aurons donc pour chaque mesure $X = Xi - ei$. La valeur de l'erreur étant par définition inconnue, ceci entraîne que la valeur de la grandeur réelle X est rigoureusement inaccessible. Par contre l'analyse des causes de l'erreur de mesure et des résultats des différentes mesures réalisées peuvent nous permettre d'estimer une valeur d'étendue $2U$, l'incertitude de la mesure (on appelle conventionnellement U l'incertitude élargie) telle que nous ayons : $(Xi - U) \leq X \leq (Xi + U)$ (voir Figure 3-2).

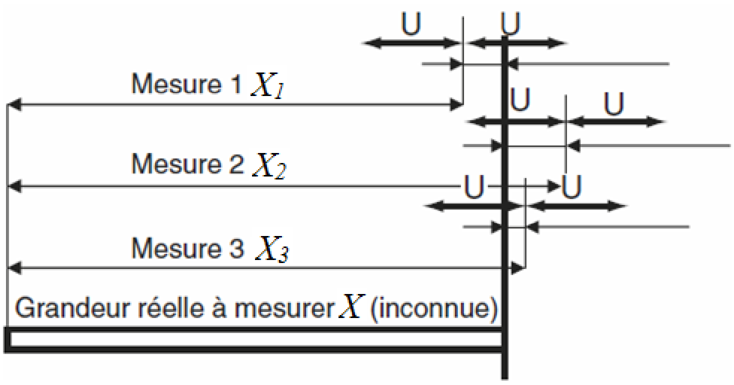


Figure 3-2 : Illustration de la nécessité d'utiliser l'incertitude de mesure

Nous voyons donc que pour être exploitable, le résultat d'une mesure doit impérativement comprendre les trois composantes suivantes :

- Une valeur numérique chiffrant le résultat de la mesure.
- L'indication de l'unité dans laquelle est exprimé ce résultat.
- L'étendue U de l'incertitude élargie sur le résultat exprimé.

Résultat de la mesure = Valeur annoncée ±incertitude [unités]

Il est donc fondamental de savoir d'où provient l'erreur pour pouvoir évaluer l'incertitude et son étendue.

3.2. Erreurs de mesure et incertitudes

Erreurs de mesure :

Les erreurs de mesure désignent les divergences entre la valeur mesurée et la vraie valeur d'une grandeur. Ces erreurs peuvent être classées en deux catégories principales : les erreurs systématiques, qui résultent de biais ou de déviations constantes, et les erreurs aléatoires, qui se produisent de manière aléatoire et affectent la précision des mesures. Les erreurs de mesure peuvent être dues à divers facteurs, tels que des défauts d'instrumentation, des conditions environnementales changeantes, ou des erreurs humaines lors de la prise de mesure.

Incertitudes :

L'incertitude de mesure représente la plage dans laquelle la vraie valeur d'une grandeur est supposée se situer, avec un certain degré de confiance. Elle englobe toutes les sources d'incertitudes, qu'elles soient d'origine aléatoire ou systématique. L'incertitude est généralement exprimée avec un intervalle de confiance, par exemple à un niveau de confiance de 95%. La gestion de l'incertitude est cruciale pour interpréter correctement les résultats expérimentaux, prendre des décisions éclairées et assurer la fiabilité des mesures effectuées. Elle nécessite une évaluation rigoureuse des différentes composantes d'incertitude et de leurs interactions.

3.2.1. Erreurs dues à l'appareillage utilisé

Un instrument de mesure permet d'établir une relation entre la valeur X du mesurande (grandeur faisant l'objet de la mesure) et la valeur lue du résultat de la mesure.

La qualité des appareils de mesure peut être caractérisée par :

- la fidélité
- la justesse

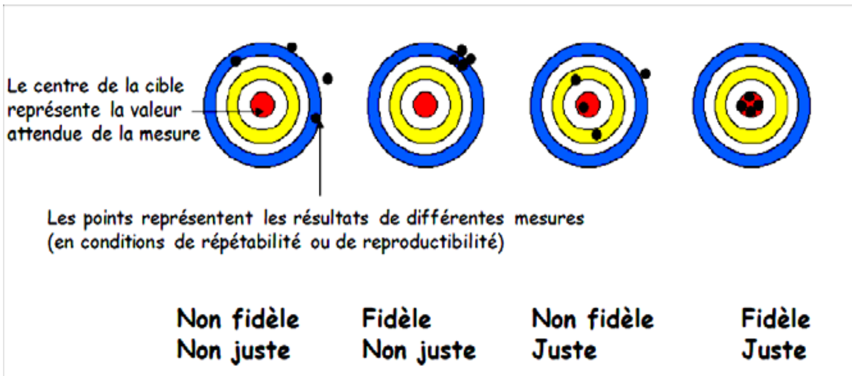


Figure 3-3 : Représentation de la fidélité et de la justesse sous forme de cible

On peut en donner les définitions suivantes :

3.2.1.1. Fidélité

Une méthode est fidèle lorsqu'elle donne toujours le même résultat ou des résultats voisins si on la répète sur le même échantillon ... Elle caractérise la dispersion des mesures X_i d'une même grandeur. On en définit l'écart type σ ou la variance σ^2 :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})^2}{n-1}} \quad , \text{Avec } \bar{X} = \sum_{i=1}^{n}\frac{X_i}{n} \ \text{(moyenne des } \bar{X}\text{)}$$

NB : La définition de σ implique un grand nombre de mesures au cours desquelles il convient de s'assurer que le mesurande n'a pas évolué et que l'ambiance est la même.
- **Répétabilité :** Fidélité sous des conditions de répétabilité (même méthode, même laboratoire, même opérateur, même équipement et pendant un court intervalle de temps)
- **Reproductibilité** : Fidélité sous des conditions de reproductibilité (même méthode dans différents laboratoires, avec différents opérateurs et utilisant des équipements différents).

NB : La fidélité doit être étudiée en utilisant des étalons ou des échantillons authentiques homogènes.

La fidélité peut être considérée à deux niveaux :

- Répétabilité → *(même série d'analyses)*
- Reproductibilité → *(opérateur et jour et appareillage différents)*

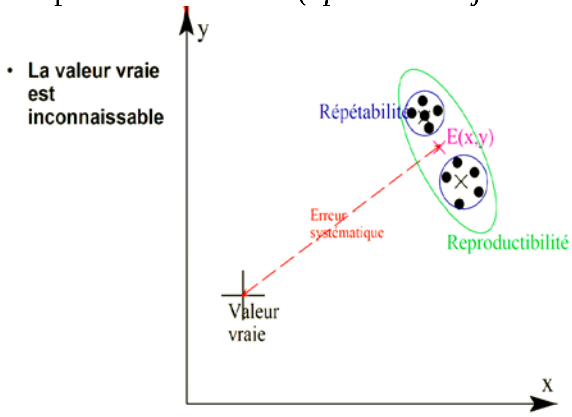


Figure 3-4 : Représentation de la répétabilité et la reproductibilité

3.2.1.2. Justesse (exactitude)

Étroitesse d'accord entre le résultat d'une mesure et la valeur attendue (CIBLE ou valeur réputée vraie). Une méthode est réputée juste quand la moyenne $\bar{X}$ d'un grand nombre de mesures X_i est confondue avec la valeur X du mesurande, quelle que soit la dispersion. L'erreur de justesse J est définie par :

$$J = \bar{X} - X$$

3.2.2. Erreur due à l'évolution de la température

Ce type d'erreur est fréquent et il faut y penser constamment. On retiendra la relation qui lie la variation dimensionnelle à l'élévation de la température.

$$\Delta L = \alpha . L_0 . \Delta T$$

Longueur initiale à température $t_0 = L_0$

Longueur à la température $t_1 = L_1$

Coefficient de dilatation linéaire du matériau = α en mm/mm.°C

Un solide de 1 mm de long s'allonge de α mm lors d'une élévation de température de 1°C

3.2.3. Composantes de l'erreur de mesure

Il est important de connaître la structure des erreurs de mesure si l'on veut déterminer la valeur de l'incertitude. Quelle que soit la grandeur d'une erreur de mesure et le nombre des paramètres qui en seront à l'origine, celle-ci comprendra toujours deux parties distinctes, voir Figure 3-5.

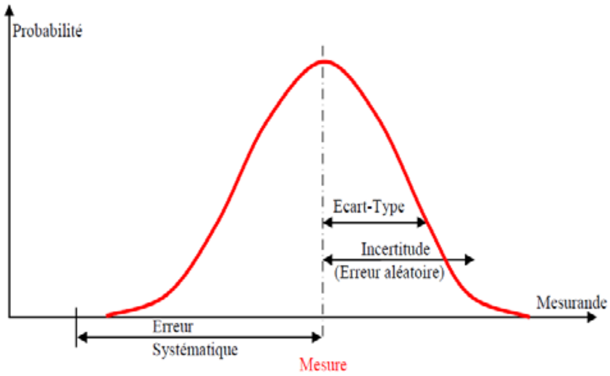


Figure 3-5 : Composantes d'une erreur de mesure

3.2.3.1. Partie systématique

Cette forme d'erreur se répétera toujours de la même façon et dans le même sens. Elle peut être constante, quand elle est due par exemple au défaut de dimension d'un étalon, ou évolutive, si elle provient par exemple de la dilatation thermique de la pièce mesurée. Elle peut être minimisée lorsque l'on connaît avec précision ses origines en réalisant les corrections appropriées sur les résultats de la mesure.

3.2.3.2. Partie aléatoire

Cette forme d'erreur se reproduira d'une façon et dans un sens totalement imprévisible, elle provient de la multiplicité des paramètres indépendants qui interviennent lors de la réalisation de la mesure. De par sa nature aléatoire, elle est souvent régie par des lois de probabilité (paragraphe 3.3), dont on peut estimer les paramètres en utilisant des méthodes statistiques afin de déterminer approximativement son étendue.

3.2.4. Erreurs parasites

Ces erreurs proviennent d'une faute.

Exemple : confusion, dans une pesée, d'une mesure de masse de 100g et d'une mesure de masse de 50g.

3.3. Quelques lois de probabilité

3.3.1. Loi de distribution rectangulaire

L'emploi de cette loi suppose que la variable x ait la même probabilité de prendre n'importe quelle valeur dans l'intervalle.

$]-U, +U[$

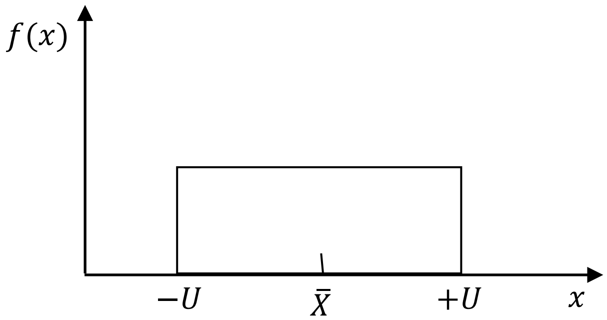


Figure 3-6 : Courbe de distribution d'une loi rectangulaire

Les calculs donnent comme valeur de l'écart type d'une distribution rectangulaire équiprobable dans un intervalle de largeur I; $\sigma = \frac{I}{2\sqrt{3}}$ ce qui appliqué à notre problème d'incertitude donnerait :
$u = \frac{2U}{2\sqrt{3}} = \frac{U}{\sqrt{3}}$ et donc $U \approx 1{,}73u$

Dans notre cas l'interprétation que l'on peut faire de ce qui précède est la suivante : dans un intervalle $]\bar{X} - u, \bar{X} + u[$ c'est-à-dire pour k = 1, il y aurait une probabilité p = 0,577 de trouver le résultat de la mesure X_i, dans un intervalle $]\bar{X} - 2u, \bar{X} + 2u[$ c'est-à-dire pour k =2 cette probabilité serait bien entendu de 1.

3.3.2. Loi de distribution triangulaire

Les calculs donnent comme valeur de l'écart type d'une distribution triangulaire symétrique dans un intervalle de largeur I; $\sigma = \frac{I}{2\sqrt{6}}$ qui, appliqué à notre problème d'incertitude donnerait :
$u = \frac{2U}{2\sqrt{6}} = \frac{U}{\sqrt{6}}$ et donc $U \approx 2{,}45u$

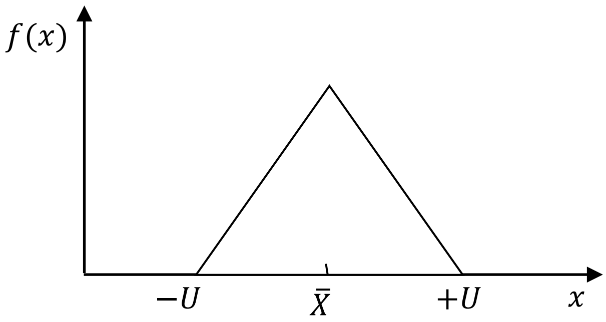


Figure 3-7 : Courbe de distribution d'une loi triangulaire

L'interprétation que l'on peut faire de ce qui précède est la suivante : dans un Intervalle $]\bar{X} - u, \bar{X} + u[$, c'est-à-dire pour k = 1, il y aurait une probabilité p = 0,65 de trouver le résultat de la mesure X_i, dans un intervalle $]\bar{X} - 2u, \bar{X} + 2u[$ c'est-à-dire pour k =2 cette probabilité serait 0,695 ; naturellement dans un intervalle $]\bar{X} - 3u, \bar{X} + 3u[$ c'est-à-dire pour k =3 la probabilité serait de1.

3.3.3. Loi de distribution normale

Les calculs donnent comme valeur de l'écart type d'une distribution normale dans un intervalle de largeur $\sigma = \frac{I}{3}$, ce qui, appliqué à notre problème d'incertitude donnerait :

$u = \frac{2U}{6} = \frac{U}{3}$ et donc $U = 3u$

On peut obtenir le tracé de la probabilité P (ou f sur la figure de distribution) en utilisant la relation suivante :

$$p(x) = f(x) = \frac{1}{6\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-1)^2}{\sigma^2}}$$

x est comprise dans un intervalle [Xmin ; Xmax]. Cet intervalle est défini à partir des mesures obtenues.

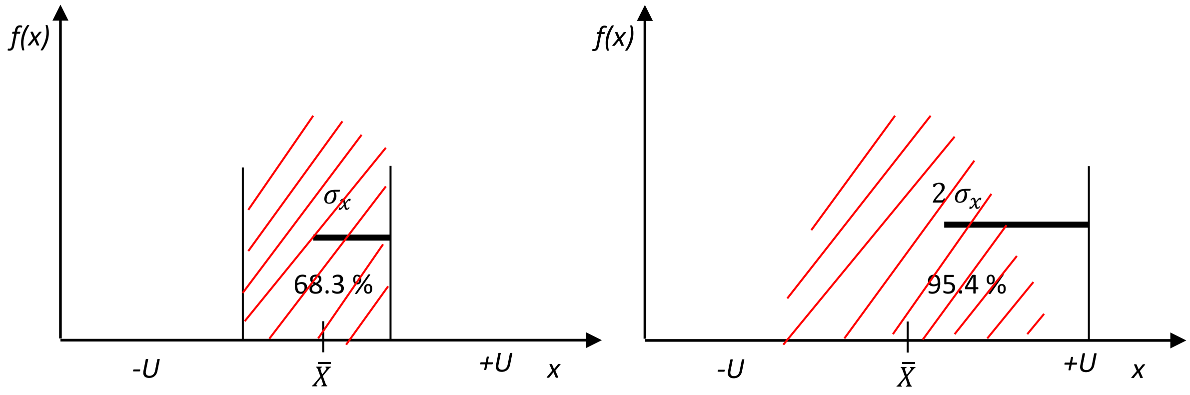


Figure 3-8 : Courbe de distribution d'une loi normale

L'interprétation que l'on peut faire de ce qui précède est la suivante :

- Dans un Intervalle $]\bar{X}-u, \bar{X}+u[$, c'est-à-dire pour k = 1, il y aurait une probabilité p = 0,683 de trouver le résultat de la mesure X_i,
- Dans un intervalle $]\bar{X}-2u, \bar{X}+2u[$ c'est-à-dire pour k =2 cette probabilité serait 0,954 ;
- Naturellement dans un intervalle $]\bar{X}-3u, \bar{X}+3u[$ c'est-à-dire pour k =3 la probabilité serait de p= 0,9973 c'est-à-dire pratiquement 1.

3.4. Méthodes d'évaluation d'une incertitude simple

L'incertitude étant le moyen de prendre en compte les erreurs inévitables que l'on commet lors de la mesure, erreurs que l'on ne connaît pas (en effet si l'on connaissait ces erreurs il suffirait alors d'effectuer les corrections nécessaires pour obtenir la valeur vraie). En aucun cas on ne pourra calculer une valeur exacte de l'étendue de l'incertitude. On ne pourra qu'estimer une valeur plus ou moins proche de la réalité.

3.4.1. Méthodes de type A

L'estimation de l'incertitude sera calculée à partir d'outils statistiques, c'est-à-dire en considérant les résultats de plusieurs mesures *Xi* (échantillon) en faisant des hypothèses sur les lois de distribution de ces mesures, et en réalisant les calculs correspondants. En général, les résultats issus de cette méthode seront exprimés par une moyenne *(Xi)* et un écart type σ (*Xi*). Naturellement, dans les calculs d'incertitudes par « **une méthode de type A** » on admettra que *u (Xi)* est égale à σ *(Xi)*. L'incertitude globale sur toutes les mesures effectuées avec un appareil de mesure sera une fonction de ces incertitudes partielles :

$U_{globale}$ = f ($U_{environnement}$, $U_{opérateur}$, $U_{résolution}$, $U_{justesse}$, $U_{fidélité}$,…)

3.4.2. Application

Voici un exemple de la détermination de l'incertitude des mesures de longueur effectuées avec un pied à coulisse (Tableau 3-1). Ces mesures ont été réalisées par les étudiants d'une façon totalement indépendante sur une pièce en PVC (coefficient de dilatation 78 micron/°C/m), dont la température de la pièce à mesurer fut 20°±10°. Afin de tenir compte de la justesse du pied à coulisse, supposons 10 mesures, d'une cale étalon de 60±0,0004 à 95% (Tableau 3-2), prise avec le même pied à coulisse.

59,82	59,7	59,22	59,14
59,56	59,7	59,72	59,42

Tableau 3-1 : Résultats des mesures de la pièce 1 (alésage)

60,08	60,06	60,06	60,08	60,06
60,1	60,08	60,06	60,08	60,08

Tableau 3-2 : Résultats des mesures d'un étalon Ø60mm

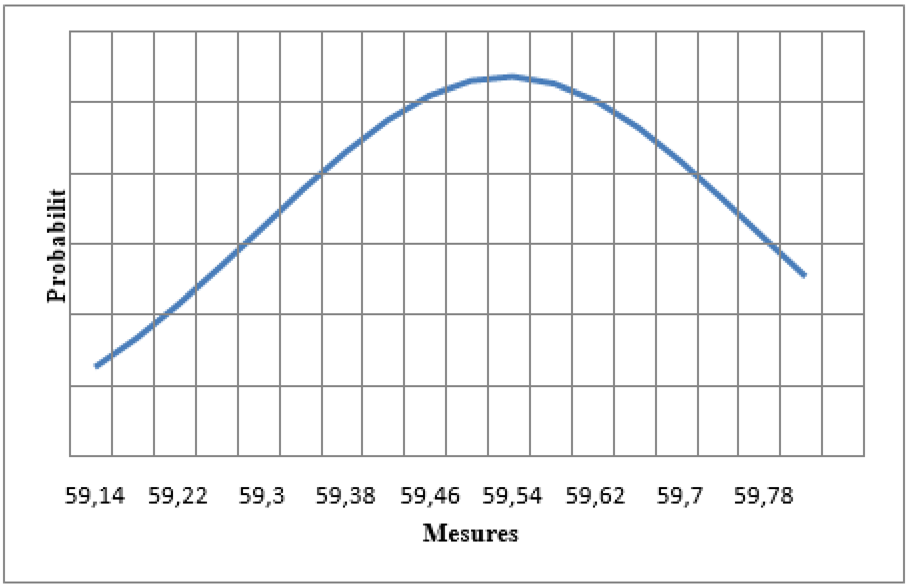


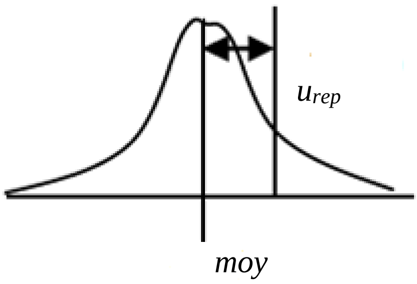
Figure 3-9 : Tracé de la courbe de distribution d'une loi normale à partir des mesures sur la pièce

1. Fidélité (Répétabilité)

La répétabilité est un essai rapide qui permet de se faire une idée de la fidélité de l'appareil
Répétabilité=±2u_{rep}

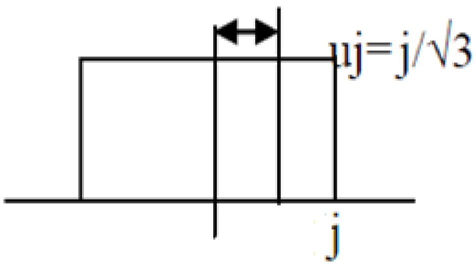
avec $u_{rep} = \sigma$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X-\bar{X})^2}{n-1}} = u_{rep} = 0.234254$$



2. Justesse

L'erreur de justesse = moyenne des mesures de l'étalon - valeur étalon
$J = \bar{X}_{etalon} - X_{etalon} = 0.074$
J n'est pas un écart type.
En utilisant la loi de distribution rectangulaire, on a :

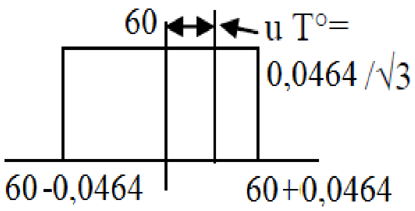


$$u_J = \frac{2J}{2\sqrt{3}} = 0.0247$$

3. Incertitude étalon :

L'étalon utilisé est de = 60 ± 0.0004 à une probabilité de 95%, donc $u_{et} = \frac{0{,}00004}{2}$
$u_{et} = 0.00002$

4. Variation de T° de la pièce



Une température de 20°±10°C implique une dilatation ΔL :

$$\Delta L = \alpha \Delta T \bar{X}$$
$$\Delta T = 78.10^{-6} \times 10 \times 59.535 = 0.0464mm$$
$$u_{T^o} = \frac{2\Delta L}{2\sqrt{3}} = 0.0268$$

Nous nous limiterons à ces paramètres principaux, on pourrait en ajouter d'autres comme la Résolution de l'appareil … etc.
Incertitude globale est la composition des écarts types (somme quadratique) :

$$u_{Globale} = \sqrt{(u_{rep})^2 + (u_j)^2 + (u_{et})^2 + (u_{T^o})^2}$$
$$u_{Globale} \approx 0.2396$$

Incertitude de mesure élargie : $\pm U = 2 \times u_{Globale} = \mp 0.4792$ à 95%(facteur d'élargissement *k*=2)

Ecriture de l'incertitude de mesure

X = 59.535 mm Mesure
±0.479 mm Incertitude de la mesure
95% Niveau de confiance
La mesure est : $59.535 \pm 0.479mm$ à 95%

3.4.3. Méthodes de type B

Elles concernent tous les moyens autres que statistiques qui permettront l'estimation des caractéristiques de l'incertitude (expérience des opérateurs, examens de résultats précédents, documentations constructeurs…). Naturellement, la détermination de l'incertitude par des méthodes statistiques, c'est-à-dire les **méthodes de type A**, est la seule qui donne des résultats proches de la réalité, mais c'est une méthode qui demande un grand nombre de mesures et un traitement parfois délicat de ces mesures. C'est la raison pour laquelle il sera préférable d'employer les **méthodes de type B** pour des raisons économiques et/ou techniques.

Application :

Estimation de l'incertitude type correspondant à la résolution d'un appareil de mesure à affichage numérique. Un comparateur à amplification électronique et à affichage numérique indique comme résultat brut d'une mesure de longueur : 20,024mm. En l'absence de toute information complémentaire sur le fonctionnement de cet appareil, on ne peut qu'affirmer que la grandeur affichée par le comparateur est comprise entre 20,023 mm et 20,025 mm, soit une étendue de la zone d'incertitude de 2 µm, ce qui donne U, incertitude élargie, égale à 1 µm. Dans ce cas, il est raisonnable d'assimiler la loi de distribution de l'incertitude de mesure à une loi rectangulaire, c'est-à-dire que toutes les valeurs à l'intérieur de U ont la même probabilité de distribution, ce qui nous permettra d'estimer une valeur pour l'incertitude type u, en posant : $u = \frac{1}{\sqrt{3}}$ ce qui donnera : $u = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.577\mu m$.

4.5. Méthodes d'évaluation des incertitudes composées

Souvent la grandeur que l'on veut mesurer n'est accessible que par l'intermédiaire de la mesure d'un certain nombre d'autres grandeurs qui la composent : par exemple la surface d'un rectangle ne peut être connue qu'à partir des mesures de sa longueur et de sa largeur. Le problème consiste dans ce cas à déterminer l'incertitude sur la grandeur résultante à partir des incertitudes connues des grandeurs composantes

4.5.1. Méthode du maximum et du minimum

C'est une méthode qui présente les avantages d'être très simple et de convenir dans tous les cas, même lorsque les étendues des incertitudes sont très grandes. Elle consiste à se placer dans les cas limites, c'est-à-dire que l'on calcule les valeurs maximales et minimales que prendrait la grandeur résultante

Application

Détermination de l'incertitude sur le volume d'un cylindre à partir des mesures directes de son diamètre et de sa hauteur.

D, diamètre = 50mm, avec U_D=0,02mm soit, D_{maxi}= 50,02 mm et D_{mini}= 49,98 mm.
h, hauteur = 60 mm, avec U_H=0,05mm soit, H_{maxi}= 60,05 mm et H_{mini}= 59,95 mm.
$Volume\ mini\ possible$: $V_{mini} = \frac{\pi D^2{}_{minii} h_{minii}}{4} \Longrightarrow V_{mini} \cong 117617.4\ mm^3$
$Volume$ maxi $possible$: $V_{maxi} = \frac{\pi D^2{}_{maxii} h_{maxii}}{4} \Longrightarrow V_{maxi} \cong 118002.24\ mm^3$
Ce qui permet de déterminer l'incertitude sur V : $2U_V = V_{maxi} - V_{mini}$
D'où $2U_V \cong 384{,}84 mm^3$ ce qui donnera : $U_V \cong 192{,}42 mm^3$.
Cette méthode, que l'on pourra toujours employer sans crainte, a pour principal inconvénient de maximaliser l'étendue de l'incertitude sur la mesure résultante. En effet, elle fait l'hypothèse que toutes les variables sont simultanément aux valeurs maximales et minimales les plus perturbantes, ce qui est d'autant plus improbable que le nombre des variables est grand

3.5.2. Méthode de la différentielle totale

C'est une méthode plus ou moins compliquée que la précédente. On donne, ici, directement la formule ci-dessous qui permet de calculer l'incertitude composée.

$$u_{Globale} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\partial f}{\partial p_i}\right)^2 u^2(p_i)\right)}$$

Cette formule considère que les paramètres P_i sont indépendants.

Pour illustrer le calcul de l'incertitude composée, prenons un exemple d'un volume d'un réservoir prismatique : $V=L \times B \times H$ avec L : la longueur, B : la largeur et H : la hauteur.

Chaque mesure des trois composantes est connue avec son incertitude :

$P_1 = L = 2 \pm 0.01 m$ à 95% ($U_L = 2u_L = 0.01$)

$P_2 = B = 1 \pm 0.01 m$ à 95% ($U_B = 2u_B = 0.01$)

$P_3 = H = 1{,}5 \pm 0.01 m$ à 95% ($U_H = 2u_H = 0.01$)

$$u_{volume} - u_{Globale} = \sqrt{\left(\left(\frac{\partial V}{\partial L}\right)^2 u_L^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial B}\right)^2 u_B^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial H}\right)^2 u_H^2\right)}$$

$$\frac{\partial V}{\partial L} = \frac{\partial(L \times B \times H)}{\partial L} = B \times H, \frac{\partial V}{\partial B} = \frac{\partial(L \times B \times H)}{\partial B} = L \times H, \frac{\partial V}{\partial H} = \frac{\partial(L \times B \times H)}{\partial H} = L \times B$$

$$\Rightarrow u_{volume} - u_{Globale} = \sqrt{((B \times H)^2 u_L^2 + (L \times H)^2 u_B^2 + (L \times B)^2 u_H^2)}$$

AN :

$$\Rightarrow u_{volume} - u_{Globale} = \sqrt{((1 \times 1.5)^2 \times 0.005^2 + (2 \times 1.5)^2 \times 0.005^2 + (2 \times 1)^2 \times 0.005^2)}$$

$$\Rightarrow u_{volume} - u_{Globale} = 0.0195m$$

Incertitude sur le volume : $\pm \boldsymbol{U}=\pm \mathbf{2} \times \boldsymbol{u_{Globale}}=\pm \mathbf{0{,}039}$ **à 95 % (facteur d'élargissement *k*=2)**

3.6. Conformité des mesures

Après avoir vu les matériels de mesure (Chapitre 3) et le calcul d'une incertitude simple (paragraphe 3.4), se pose la question de la conformité de la cote mesurée. Toute mesure est associée à une incertitude. Lorsque la mesure est au centre de l'intervalle de tolérance et que l'incertitude est faible, on ne se pose pas de questions.

Par contre, si la mesure est à la limite de l'intervalle de tolérance, on peut se demander s'il n'y a pas un risque d'accepter une pièce non-conforme.

Il y a deux manières de résoudre ce problème :

3.6.1. Ancienne méthode

Si l'incertitude de mesure est faible (<=1/4 IT), on accepte toutes les pièces dont la mesure est contenue dans l'intervalle de tolérance. On prend un risque représenté sur le schéma de la Fig 3-10.

3.6.2. Nouvelle méthode

On doit jeter les pièces à risque. On jette donc plus de pièces mais il n'y a pas de risque d'envoyer un mauvais produit au client.

Cette méthode est avantageuse si on a une bonne maîtrise de la métrologie. Tout investissement en métrologie (matériel, formation etc.) sera valorisé car on éliminera moins de pièces.

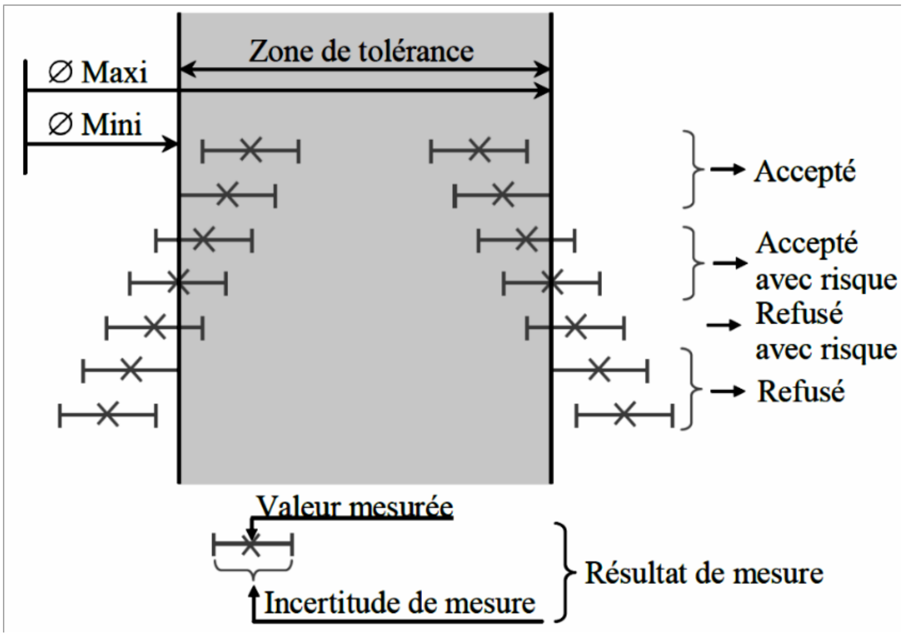


Figure 3-10 : Conformité d'une mesure

3.6.3. Exemples

Si on mesure une pièce, cotée 100±1 dans un dessin de définition, avec un pied à coulisse. Un calcul d'incertitude a donné ±0,25 à 95%

1er cas : Si la mesure est 100,08, il y a 95% de chance que la pièce ait une dimension comprise entre 99,83 et 100,33

➔ La pièce sera déclarée **conforme** sans **risque (acceptée)**

2ème cas : Si la mesure est 100,92, il y a 95% de chance que la pièce ait une dimension comprise entre 100,67 et 101,17

➔ La pièce sera déclarée **conforme** avec **risque (acceptée** avec **risque)** selon l'ancienne méthode ou **non-conforme (refusée)** selon la nouvelle méthode

3ème cas : Si la mesure est 101,02, il y a 95% de chance que la pièce ait une dimension comprise entre 100,77 et 101,27

➔ La pièce sera déclarée **non-conforme** avec **risque** (**refusée** avec **risque)** selon l'ancienne méthode ou **non-conforme** selon la nouvelle méthode

4ème cas : Si la mesure est 101,3, il y a 95% de chance que la pièce ait une dimension comprise entre 101,05 et 101,55

La pièce sera déclarée **non-conforme** selon l'ancienne et la nouvelle méthode