

---

---

**Mesure de débit des fluides — Calcul de  
l'incertitude**

*Measurement of fluid flow — Evaluation of uncertainties*

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO/TR 5168:1998](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/748ff12e-6ed7-4cd6-aaa8-bf6e969179cf/iso-tr-5168-1998)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/748ff12e-6ed7-4cd6-aaa8-  
bf6e969179cf/iso-tr-5168-1998](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/748ff12e-6ed7-4cd6-aaa8-bf6e969179cf/iso-tr-5168-1998)



## Sommaire

	Page
<b>1</b> Domaine d'application .....	<b>1</b>
<b>2</b> Références normatives .....	<b>1</b>
<b>3</b> Définitions et symboles .....	<b>2</b>
<b>4</b> Principes généraux de l'analyse de l'incertitude de mesure .....	<b>6</b>
<b>5</b> Identification et classification des sources d'erreur de mesure élémentaires .....	<b>12</b>
<b>6</b> Estimation et présentation des incertitudes élémentaires .....	<b>15</b>
<b>7</b> Incertitude de combinaison et de propagation .....	<b>20</b>
<b>8</b> Calcul de l'incertitude .....	<b>22</b>
<b>9</b> Présentation des résultats .....	<b>24</b>

iTeH STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO/TR 5168:1998  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/748ff12e-6ed7-4cd6-aaa8-bf6e969179cf/iso-tr-5168-1998>

<b>Annexes</b>	
<b>A</b> Méthodes pour les petits échantillons.....	<b>28</b>
<b>B</b> Traitement des valeurs aberrantes .....	<b>31</b>
<b>C</b> Exemples d'estimation de l'incertitude dans un mesurage de débit d'air .....	<b>34</b>
<b>D</b> Exemples d'estimation de l'incertitude du mesurage du débit en canal découvert.....	<b>50</b>
<b>E</b> Exemple de mesurage du débit en conduites circulaires .....	<b>59</b>
<b>F</b> Bibliographie .....	<b>69</b>

© ISO 1998

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation  
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse  
Internet central@iso.ch  
X.400 c=ch; a=400net; p=iso; o=isocs; s=central

Imprimé en Suisse

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Exceptionnellement, un comité technique peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour toute autre raison, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité technique a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales (ceci pouvant comprendre des informations sur l'état de la technique, par exemple).

Les rapports techniques des types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques de type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données fournies ne soient plus jugées valables ou utiles.

L'ISO/TR 5168, rapport technique du type 1, a été élaboré par le comité technique ISO/TC 30, *Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées*, sous-comité SC 9, *Généralités*.

Le présent document est publié dans la série des Rapports techniques de type 1 car aucun consensus n'a pu être obtenu entre l'ISO TC 30/SC 9 et l'ISO/TAG 4, *Métrologie*, concernant l'harmonisation du présent document avec le *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure*, qui est un document de base des Directives ISO/CEI. Il sera procédé à une révision du présent Rapport technique afin de l'aligner sur le *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure*.

Cette première édition, en tant que Rapport technique, annule et remplace la première édition en tant que Norme internationale (ISO 5168:1978), dont elle constitue une révision technique.

Les annexes A et B font partie intégrante du présent Rapport technique.  
Les annexes C, D, E et F sont données uniquement à titre d'information.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO/TR 5168:1998](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/748ff12e-6ed7-4cd6-aaa8-bfee969179cf/iso-tr-5168-1998)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/748ff12e-6ed7-4cd6-aaa8-bfee969179cf/iso-tr-5168-1998>

## Introduction

L'une des premières Normes internationales traitant du sujet de l'incertitude de mesure a été l'ISO 5168, *Mesure de débit des fluides — Calcul de l'erreur limite sur une mesure de débit*, publiée en 1978. L'utilisation étendue de l'ISO 5168 à des applications pratiques a identifié beaucoup d'améliorations à ses méthodes; celles-ci ont été incorporées dans un projet de révision de cette Norme internationale, qui a reçu en 1990 un résultat de vote écrasant en faveur de sa publication. Cependant, le présent projet de révision de l'ISO 5168 a été retenu de la publication pour quelques années; depuis, malgré de longues discussions, aucun consensus n'a pu être obtenu sur le projet de version d'un document développé par un Groupe de Travail du groupe technique consultatif 4, *Métrie* (ISO/TAG 4/GT 3). Le document du TAG 4, *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure*, a été publié en 1993 (version anglaise) et en 1995 (version française) comme document de base des Directives ISO/CEI. Lors d'une réunion du Bureau de gestion technique en mai 1995, il a été décidé de publier la révision de l'ISO 5168, *Mesure de débit des fluides — Calcul de l'incertitude*, comme rapport technique.

L'une des différences majeures entre l'ISO/TR 5168 et le *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure* réside dans les définitions et la terminologie. De plus, tout en respectant les concepts à utiliser, une différence substantielle existe dans la manière de définir les processus de mesurages pratiques. Dans le présent Rapport technique, une distribution normale des données de mesurage est supposée et le coefficient  $t$  de Student est utilisé pour déterminer l'incertitude. La méthode utilisée pour propager les incertitudes élémentaires à l'incertitude globale est essentiellement identique à celle utilisée dans le *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure*.

Le présent document est publié comme rapport technique de type 1 au lieu de Norme internationale car il n'est pas compatible avec le *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure*. Une prochaine révision du présent Rapport technique alignera ces deux documents..

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO/TR 5168:1998](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/748ff12e-6ed7-4cd6-aaa8-bfee969179cf/iso-tr-5168-1998>

# Mesure de débit des fluides — Calcul de l'incertitude

## 1 Domaine d'application

Chaque fois qu'on procède à un mesurage de débit, la valeur obtenue n'est que la meilleure estimation possible du débit vrai, compte tenu des données expérimentales. En pratique, le débit vrai peut être soit légèrement supérieur, soit légèrement inférieur à cette valeur.

**1.1** Le présent Rapport technique décrit en détail, étape par étape, comment on peut évaluer les incertitudes sur des mesurages de débit isolés, qu'elles résultent d'erreurs aléatoires ou d'erreurs systématiques, et comment ces erreurs se propagent pour donner l'incertitude finale des résultats d'essai. Les modes opératoires décrits permettent d'effectuer les opérations suivantes:

- a) estimation de l'exactitude des résultats dérivés de mesurages du débit;
- b) choix de la méthode de mesurage appropriée et des dispositifs permettant d'obtenir le degré d'exactitude requis dans le mesurage du débit; [ISO/TR 5168:1998](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/748ff12e-6ed7-4cd6-aaa8-69179cf/iso-tr-5168-1998)
- c) comparaison des résultats des mesurages; <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/748ff12e-6ed7-4cd6-aaa8-69179cf/iso-tr-5168-1998>
- d) identification des sources d'erreur contribuant à former l'incertitude totale;
- e) affinage des résultats au fur et à mesure de l'accumulation des données.

NOTE — Par hypothèse, le processus de mesurage est parfaitement maîtrisé et toutes les corrections d'étalonnage ont été faites.

**1.2** Le présent Rapport technique décrit les calculs nécessaires pour arriver à une estimation de l'intervalle à l'intérieur duquel on peut espérer que se trouve la valeur vraie du débit. Le principe de ces calculs est applicable à n'importe quelle méthode de mesurage du débit, que l'écoulement se fasse en canal découvert ou en conduite fermée.

NOTE — Bien que le présent Rapport technique ait été établi en tenant compte principalement de l'erreur due à l'instrumentation, il convient de souligner la large part prise dans certaines méthodes de mesurage (voir 5.7) par les erreurs dues à l'écoulement lui-même (répartition des vitesses, turbulence, etc.), et aux effets de l'écoulement sur la méthode et sur la réponse de l'instrument. Lorsque certains dispositifs ou certaines techniques de type particulier sont utilisés, il se peut qu'on puisse simplifier ou faire référence à des sources d'erreurs spécifiques qui ne sont pas étudiées dans le cadre du présent Rapport technique. Il est recommandé dans ce cas de faire référence à l'article «Incertitude de mesure» de la Norme internationale traitant du dispositif ou de la technique en question.

## 2 Références normatives

Le présent Rapport technique contient des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour le présent Rapport technique. Au moment de la publication, les éditions indiquées

étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur le présent Rapport technique sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 5725-1:1994, *Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesure — Partie 1: Principes généraux et définitions.*

ISO 5725-2:1994, *Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesure — Partie 2: Méthode de base pour la détermination de la répétabilité et de la reproductibilité d'une méthode de mesure normalisée.*

ISO 5725-3:1994, *Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesure — Partie 3: Mesures intermédiaires de la fidélité d'une méthode de mesure normalisée.*

ISO 5725-4:1994, *Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesure — Partie 4: Méthodes de base pour la détermination de la justesse d'une méthode de mesure normalisée.*

ISO 5725-6:1994, *Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesure — Partie 6: Utilisation dans la pratique des valeurs d'exactitude.*

### 3 Définitions et symboles

Pour les besoins du présent Rapport technique, les définitions et symboles suivants s'appliquent.

#### 3.1 Définitions

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

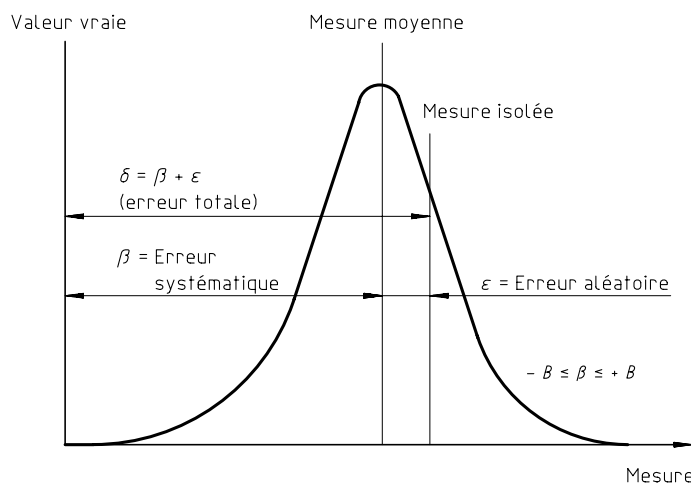
**3.1.1 correction:** Valeur qu'il faut ajouter algébriquement à la valeur indiquée pour obtenir le résultat corrigé. La correction est égale numériquement à une erreur connue, mais son signe est opposé.

ISO/TR 5168:1998

**3.1.2 couverture:** Fréquence, en pourcentage, avec laquelle une estimation de l'intervalle d'un paramètre contient la valeur vraie. Cela signifie que si l'on répète l'échantillonnage en déterminant un intervalle de confiance de 95 % pour chaque échantillon, à long terme, les intervalles contiendront la valeur vraie 95 fois sur 100.

**3.1.3 erreur:** Dans un résultat de mesure, différence entre la valeur mesurée et la valeur vraie (conventionnelle) de la grandeur mesurée. Voir la figure 1.

NOTE — Les parties connues d'une erreur de mesure peuvent être compensées en appliquant des corrections appropriées. L'erreur du résultat corrigé ne peut être caractérisée que par une incertitude.



**Figure 1 — Erreur de mesure**



**3.1.4 estimation:** Valeur calculée à partir d'un échantillon de données en remplacement d'un paramètre inconnu d'une population.

Par exemple, l'écart-type expérimental ( $s$ ) est l'estimation qui décrit l'écart-type de la population ( $\sigma$ ).

**3.1.5 fossilisation:** Dans un processus d'étalonnage, erreur fixe systématique qui peut être créée par une erreur aléatoire «vivante» lorsqu'un seul étalonnage est pertinent.

**3.1.6 coefficient d'influence [de sensibilité]:** Erreur sur le résultat, causée par une erreur unitaire sur la mesure (voir 7.4).

**3.1.7 valeur observée:** Valeur d'une caractéristique, déterminée par le résultat d'une observation ou d'un essai.

**3.1.8 erreur aléatoire:** Voir figure 2 et paragraphe 4.2.

**3.1.9 incertitude aléatoire:** Composante de l'incertitude associée à l'erreur aléatoire. Voir figure 2.

**3.1.10 carte de contrôle statistique de la qualité:** Diagramme sur lequel sont tracées des limites et sur lequel on reporte les valeurs de toute statistique calculée sur des échantillons successifs d'une production.

Les statistiques utilisées (moyenne, étendue, pourcentage de défectueux, etc.) définissent les sortes de cartes de contrôle.

**3.1.11 erreur systématique:** Voir les figures 2 et 3 et paragraphe 4.3.

**3.1.12 incertitude systématique:** Composante de l'incertitude associée à l'erreur systématique. Voir figure 2.

**3.1.13 série de Taylor:** Série polynomiale utilisée pour calculer la valeur d'une fonction en un point situé au voisinage d'un point de référence quelconque.

La série exprime la différence ou la différentielle entre le nouveau point et le point de référence en fonction des dérivées successives de la fonction. Sa forme est la suivante:

$$f(x) - f(a) = \sum_{r=1}^{r=n-1} \frac{(x-a)^r}{r!} f^r(a) + R_n$$

où  $f^r(a)$  est la valeur de la  $r^{\text{ième}}$  dérivée de  $f(x)$  au point de référence  $x = a$ . En règle générale, si la série converge, le reste  $R_n$  devient infinitésimal si l'on choisit un nombre arbitraire de termes et l'on n'utilise habituellement que le premier terme.

**3.1.14 incertitude:**

- (1) La moitié de l'intervalle d'incertitude, pour un intervalle d'incertitude symétrique.
- (2) Les composantes positive et négative pour un intervalle d'incertitude non symétrique, notées  $U^+$  et  $U^-$  respectivement.

**3.1.15 intervalle d'incertitude:** Estimation caractérisant l'étendue de valeurs dans laquelle se situe la valeur vraie d'un mesurande.

**3.1.16 méthode de Welch-Satterthwaite:** Méthode d'estimation du nombre de degrés de liberté du résultat lorsqu'on combine des écarts-types expérimentaux à degrés de liberté inégaux.

**3.1.17 étalon de travail:** Étalon habituellement déterminé par rapport à un étalon de référence et utilisé en permanence pour étalonner ou contrôler des mesures matérialisées ou des instruments de mesure.

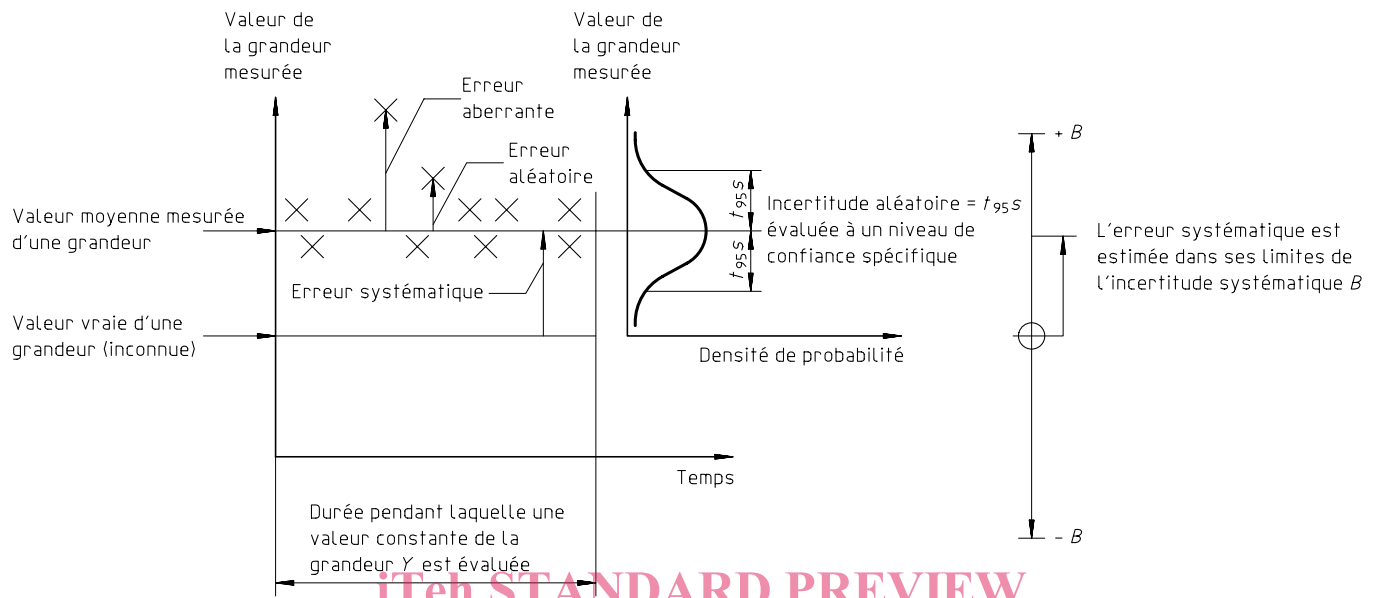


Figure 2 — Illustration des termes relatifs aux erreurs et incertitudes

ISO/TR 5168:1998  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/748ff12e-6ed7-4cd6-aaa8-bf6e969179cf/iso-tr-5168-1998>

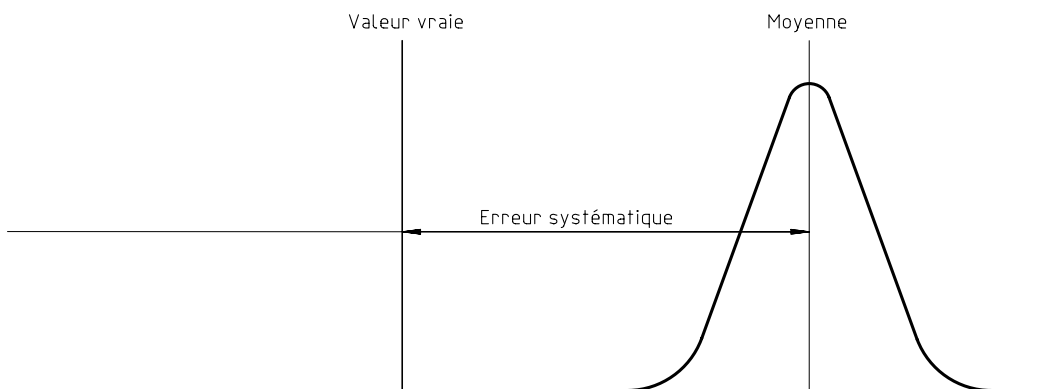


Figure 3 — Erreur systématique

### 3.2 Symboles

Symbole	Signification
$B$	Incertitude systématique d'un intervalle d'incertitude symétrique. $B = \sqrt{\sum_{\text{tous les } j} \sum_{\text{tous les } i} B_{ij}^2}$
$B_{ij}$	Incertitude systématique élémentaire. L'indice $j$ indique la catégorie, soit: $j = 1$ étalonnage, $= 2$ acquisition des données, $= 3$ réduction des données, $= 4$ méthode, $= 5$ subjective ou personnelle. L'indice $i$ est le numéro assigné à une source d'erreur élémentaire donnée. Si $i$ est un nombre à plus d'un chiffre, on placera une virgule entre $i$ et $j$ .
$B^+, B^-$	Limites supérieure et inférieure d'un intervalle d'incertitude systématique non symétrique.
Barre supérieure ( $\bar{\quad}$ )	Valeur moyenne (d'une variable).
$M$	Nombre d'instruments ou d'essais redondants.
$N$	Taille de l'échantillon.
$s^2$	Estimation de la variance ( $\sigma^2$ non biaisée)
$s_{ij}$	Estimation de l'écart-type expérimental provenant d'une source élémentaire. Les indices peuvent être les mêmes que pour les incertitudes systématiques élémentaires dans $B_{ij}$ . $s = \sqrt{\sum_j \sum_i s_{ij}^2}$
$s_{\bar{x}}$	Écart-type expérimental de la moyenne; égal à $\frac{s}{\sqrt{N}}$
$s_{\text{commun}}$	$= \left[ \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}{M(N-1)} \right]^{1/2}$ <p>où <math>\bar{x}_i</math> est la moyenne arithmétique des <math>x_i</math> au <math>j^{\text{ème}}</math> point de mesure.</p>
$t_{95}$	Paramètre statistique de Student au niveau de confiance de 95 %. Il est nécessaire de connaître les degrés de liberté, $\nu$ , de l'estimation de l'écart-type de l'échantillon pour déterminer la valeur de $t$ .
$U^+, U^-$	Limites supérieure et inférieure d'un intervalle d'incertitude non symétrique.
$U_{\text{ADD}}$	$= B + t_{95}s_{\bar{x}}$
$U_{\text{RSS}}$	$= \sqrt{B^2 + (t_{95}s_{\bar{x}})^2}$

Symbole	Signification
$\bar{x}$	Moyenne arithmétique des valeurs mesurées; $x_i$ . $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$
$x_i$	Valeur de $x$ au $i^{\text{ème}}$ point de mesure.
$x_{ij}$	Valeur de $x_i$ au $j^{\text{ème}}$ point de mesure.
$\bar{Y}$	Moyenne arithmétique des $n$ mesurages de la variable $Y$ .
$Y_i$	Mesurage fondamental.
$\beta$	Erreur systématique, partie fixe ou constante de l'erreur totale, $\delta$ .
$\Delta$	Différence entre deux mesurages.
$\delta$	Erreur totale.
$\varepsilon$	Erreur aléatoire.
$\Theta_i$	Coefficient d'influence $\partial R/\partial Y_i$ .
$\mu$	Moyenne de la population.
$\sigma^2$	Variance, carré de l'écart-type.
<b>Indices</b>	
ADD	Modèle additif.
RSS	Modèle à quadratique.

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

NOTE — Dans l'ISO 5168:1978 et dans beaucoup de normes pour le même mesurage de débit,  $e$  servait à désigner l'incertitude absolue et  $E$  l'incertitude relative. Dans le présent Rapport technique  $U$  est utilisé pour l'incertitude absolue et  $E$  pour l'incertitude relative.

bfc969179cf/iso-tr-5168-1998

## 4 Principes généraux de l'analyse de l'incertitude de mesure

### 4.1 Nature des erreurs

Toutes les mesures sont entachées d'erreur, même après que toutes les corrections connues et tous les étalonnages aient été pris en compte. Les erreurs peuvent être positives ou négatives et peuvent être d'ampleur variable. Beaucoup d'erreurs varient avec le temps. Certaines ont des périodes très courtes alors que d'autres varient d'un jour, d'une semaine, d'une saison ou d'une année à l'autre. Les erreurs qui demeurent constantes ou apparemment constantes durant l'essai sont appelées erreurs systématiques. Les erreurs réelles sont rarement connues, mais on peut estimer leur limite supérieure. L'objectif visé est de construire un intervalle d'incertitude (quelquefois appelé étendue) à l'intérieur duquel la valeur vraie se situera avec une probabilité indiquée.

Une erreur est la différence entre la mesure et la valeur vraie qui est toujours inconnue. L'erreur totale de mesure,  $\delta$ , se divise en deux composantes: une erreur systématique fixe,  $\beta$ , et une erreur aléatoire,  $\varepsilon$ , comme l'indique la figure 2. Dans certains cas, il est possible de définir arbitrairement la valeur vraie, comme la valeur qu'obtiendrait un certain laboratoire de métrologie. L'incertitude est une estimation de l'erreur qui, dans la plupart des cas, ne devrait pas être dépassée. Il existe trois types d'erreur à considérer:

- a) les erreurs aléatoires, voir 4.2,
- b) les erreurs systématiques, voir 4.3,
- c) les erreurs aberrantes (présomées identifiées et rejetées avant l'analyse statistique), voir 4.4.

Il est rarement possible de donner une limite supérieure absolue à la valeur de l'erreur. Il est donc plus pratique de donner un intervalle à l'intérieur duquel on peut escompter trouver la valeur vraie de la grandeur mesurée avec une probabilité suffisamment élevée. Cet «intervalle d'incertitude» est représenté sous la forme  $[\bar{x} - U, \bar{x} + U]$  à la figure 4 (l'intervalle est égal au double de l'incertitude calculée).

Les systèmes de mesurage étant sujets aux deux types d'erreurs, systématique et aléatoire, il s'ensuit qu'une mesure exacte est une mesure dont l'erreur aléatoire et l'erreur systématique sont toutes deux faibles (voir figure 5).

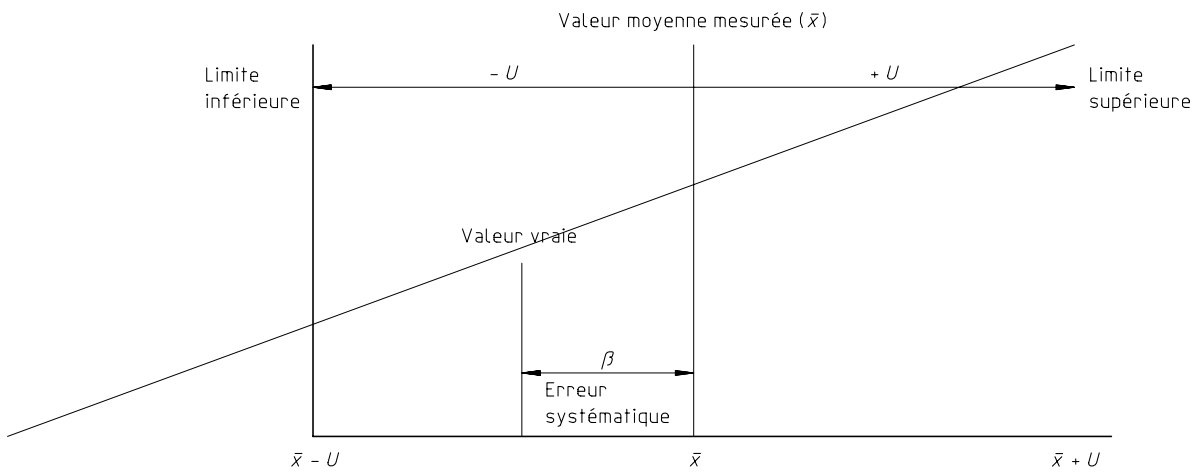


Figure 4 — Intervalle d'incertitude  $\bar{x} \pm U$  (voir aussi la figure 2)

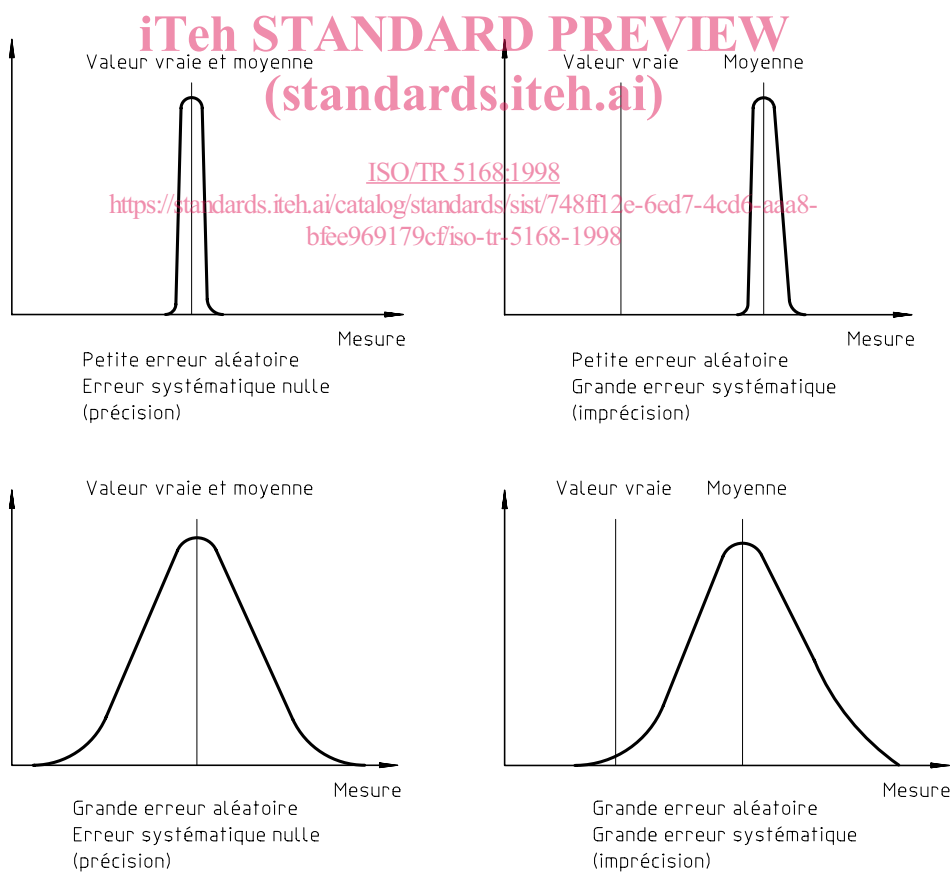


Figure 5 — Erreur de mesure (systématique, aléatoire) et précision

**4.2 Erreur aléatoire**

Les erreurs aléatoires sont dues à des effets nombreux, petits et indépendants, qui empêchent un système de mesurage de donner la même valeur de sortie pour une même valeur d'entrée de la grandeur mesurée. Les résultats s'écartent de la moyenne selon les lois du hasard, de sorte que plus le nombre de données augmente et plus la distribution des résultats approche d'une loi normale. On appelle quelquefois les erreurs aléatoires «erreurs de fidélité». On utilise comme mesure de l'erreur aléatoire  $\epsilon$ , l'écart-type ( $\sigma$ ) (voir la figure 6). Un grand écart-type signifie une grande dispersion des mesurages. La statistique ( $s$ ) se calcule sur un échantillon pour estimer l'écart-type; elle est appelée écart-type expérimental.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad \dots (1)$$

où

$N$  est le nombre de mesurages;

$\bar{x}$  est la valeur moyenne des mesurages individuels  $x$ .

Avec une loi de distribution normale, l'intervalle  $\bar{x} \pm t_{95} s/\sqrt{N}$  inclura la moyenne vraie,  $\mu$ , environ 95 % du temps. L'incertitude aléatoire de la moyenne est  $t_{95} s/\sqrt{N}$ . Si l'échantillon est petit, il est nécessaire d'utiliser les valeurs du coefficient  $t$  de Student au niveau 95 %. Si la taille de l'échantillon est 30 ou plus, on utilise le double de l'écart-type expérimental ( $2s$ ) comme estimation de l'incertitude aléatoire. Voir les explications correspondantes en annexe A.

**iTeh STANDARD PREVIEW**

(standards.iteh.ai)

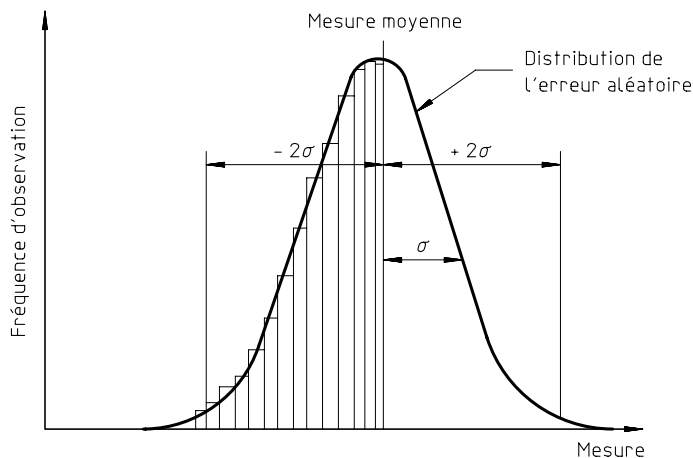
L'incertitude aléatoire d'un résultat peut être réduite en effectuant le plus grand nombre possible de mesurages et en utilisant la valeur moyenne arithmétique, puisque l'écart-type de la moyenne de  $N$  mesures indépendantes est  $\sqrt{N}$  fois plus petit que l'écart-type des mesures elles-mêmes.

ISO/TR 5168:1998  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/748ff12e-6ed7-4cd6-aaa8-bf6e969179cf/iso-tr-5168-1998>

$$\sigma_{\text{moyen}} = \frac{\sigma_{\text{individuel}}}{\sqrt{N}} \quad \dots (2)$$

et, par analogie:

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{N}} \quad \dots (3)$$



**Figure 6 — Erreur aléatoire**

### 4.3 Erreur systématique

La seconde composante de l'erreur totale est l'erreur systématique,  $\beta$ . À chaque niveau de débit, cette erreur est constante pendant toute la durée de l'essai (figure 1). Lorsqu'on mesure de façon répétée un échantillon donné, chaque mesure est entachée de la même erreur systématique. L'erreur systématique ne peut être déterminée qu'en comparant les mesures à la valeur vraie de la grandeur mesurée, ce qui est rarement possible. On appelle parfois les erreurs systématiques «biais».

Tous les efforts possibles doivent être faits pour repérer les erreurs systématiques significatives et en tenir compte. Ces erreurs peuvent provenir:

- 1) de mauvaises corrections d'étalonnage,
- 2) d'une mauvaise installation des instruments,
- 3) d'une mauvaise réduction des données et elles peuvent se subdiviser en
- 4) erreurs de méthodes et
- 5) erreurs humaines.

L'erreur systématique vraie n'étant jamais connue, on utilise une limite supérieure,  $B$ , dans l'analyse d'incertitude.

Dans la plupart des cas, l'erreur systématique,  $\beta$ , a autant de chances d'être en plus qu'en moins par rapport à la valeur mesurée. En d'autres termes, on ne sait pas si l'erreur systématique est positive ou négative et l'incertitude systématique reflète cet état de choses en étant notée  $\pm B$ . L'incertitude systématique,  $B$ , est estimée comme étant la limite supérieure de l'erreur systématique,  $\beta$ .

### 4.4 Erreurs aberrantes iTeh STANDARD PREVIEW

Les erreurs aberrantes sont des erreurs (telles que les fautes humaines) ou les dysfonctionnements des appareils, qui dénaturent une mesure; ainsi la mauvaise transcription d'un chiffre dans l'enregistrement de données ou la présence de poches d'air dans la conduite reliant une tuyauterie d'eau à un manomètre. Ces erreurs ne peuvent pas être prises en compte dans une analyse statistique et il convient d'annuler la mesure correspondante. Le maximum d'effort doit être fait pour éliminer les erreurs aberrantes afin de maîtriser convenablement le processus de mesurage.

Pour arriver à cette maîtrise, il convient de surveiller toutes les mesures à l'aide de cartes de contrôle statistique de la qualité, et de repérer toutes les dérives, toutes les tendances et tous les mouvements conduisant à une perte de contrôle pour en rechercher les causes. Un historique des données d'étalonnage est nécessaire pour l'efficacité du contrôle. Le présent Rapport technique suppose que ces précautions ont été prises et qu'on maîtrise le processus de mesurage. Si tel n'est pas le cas, les méthodes décrites ne sont pas applicables.

Une fois toutes les fautes évidentes corrigées ou éliminées, il peut rester quelques observations qui deviennent suspects en raison de leur seule valeur.

Pour les erreurs de cette nature, il convient d'utiliser les tests statistiques des valeurs aberrantes, donnés en annexe B. Ces tests supposent que les observations suivent une loi normale. Il est nécessaire de recalculer l'écart-type expérimental de la distribution des observations à chaque fois qu'on élimine une donnée après le test des valeurs aberrantes. Il convient aussi de souligner qu'on ne peut éliminer les valeurs aberrantes sans raison technique indépendante de croire que des erreurs aberrantes peuvent exister: il convient de ne pas rejeter des données à la légère.

### 4.5 Combinaison des incertitudes élémentaires

L'objet des essais, leur durée et le nombre d'étalonnages correspondants affectent la classification des incertitudes en composantes systématiques et aléatoires. Des directives sont données à cet effet à l'article 6.

Une fois toutes les erreurs élémentaires repérées et évaluées comme étant des erreurs d'étalonnage, d'acquisition des données, de réduction des données, des erreurs de méthode et des erreurs subjectives et des écarts-types élémentaires et incertitudes systématiques estimés pour chaque source d'erreur, il est nécessaire de trouver une méthode permettant de combiner ces composantes élémentaires, en incertitudes systématiques et écart-type expérimental sur le résultat de mesure. Il est recommandé de procéder par combinaison quadratique.