
**Détermination de l'incertitude
de mesure pour les mesurages
volumétriques des appareils
volumétriques à piston au moyen de la
méthode gravimétrique**

*Determination of uncertainty for volume measurements of a piston-
operated volumetric apparatus using a gravimetric method*

iTeh STANDARDS
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 20461:2023](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ba6366be-2213-4d22-8f5a-bf0ee237e5f2/iso-tr-20461-2023)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ba6366be-2213-4d22-8f5a-bf0ee237e5f2/iso-tr-20461-2023>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 20461:2023](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ba6366be-2213-4d22-8f5a-bf0ee237e5f2/iso-tr-20461-2023)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ba6366be-2213-4d22-8f5a-bf0ee237e5f2/iso-tr-20461-2023>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2023

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Modélisation du mesurage	1
5 Mode opératoire général pour le calcul de l'incertitude	3
6 Composantes de l'incertitude-type associées au système de mesure (mode opératoire de mesure gravimétrique)	4
6.1 Informations générales relatives à l'estimation des composantes de l'incertitude-type	4
6.2 Incertitude-type du pesage (relevé indiqué par la balance)	5
6.3 Incertitude-type de la température	5
6.4 Incertitude-type de la masse volumique de l'eau	6
6.5 Incertitude-type de la masse volumique de l'air	7
6.6 Incertitude-type de la masse volumique des masses	7
6.7 Incertitude-type associée aux effets du matelas d'air	7
7 Composantes de l'incertitude-type associées à l'AVAP	8
7.1 Incertitude-type du coefficient de dilatation volumique	8
7.2 Incertitude-type de la résolution	8
7.3 Incertitude-type du réglage	8
8 Composantes de l'incertitude-type associées au procédé de distribution de liquide	8
8.1 Répétabilité (écart-type expérimental)	8
8.2 Reproductibilité	8
9 Incetitude-type composée de la mesure associée au volume $V_{\text{réf}}$	9
10 Coefficients de sensibilité	9
11 Choix d'un facteur d'élargissement (k) approprié	10
12 Incetitude de mesure élargie associée au volume $V_{\text{réf}}$	11
13 Exemple de détermination de l'incertitude de mesure pour le mesurage volumétrique de l'AVAP	11
13.1 Conditions de mesurage	11
13.2 Résultats	13
13.2.1 Calculs	13
13.2.2 Incertitude lors de l'utilisation et corrections dues aux variations de pression	13
13.2.3 Remarques générales	13
13.2.4 Note sur la conformité de la série ISO 8655 au Guide ISO/IEC 98-3	13
Annexe A (informative) Approches pour l'estimation de l'incertitude lors de l'utilisation d'un seul volume distribué	14
Annexe B (informative) Correction du volume due aux variations de pression	17
Bibliographie	19

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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 48, *Équipement de laboratoire*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO/TR 20461:2000), qui a fait l'objet d'une révision technique, et annule l'ISO/TR 20461:2000/Cor 1:2008.

Les principales modifications sont les suivantes:

- le terme «écart-type du volume distribué moyen» a été remplacé dans le présent document par «répétabilité», conformément au Guide ISO/IEC 99;
- un nouvel exemple de calcul de l'incertitude a été fourni;
- de nouvelles composantes de l'incertitude ont été ajoutées, à savoir celles associées à la reproductibilité, au matelas d'air et à la résolution;
- une nouvelle [Annexe A](#) concernant les approches pour l'estimation de l'incertitude lors de l'utilisation d'un seul volume distribué a été ajoutée;
- une nouvelle [Annexe B](#) concernant la correction du volume due aux variations de pression a été ajoutée.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Introduction

L'exemple donné dans le présent document est fourni à titre informatif et vient à l'appui des exigences de l'ISO 8655-6:2022, 9.6, et de l'ISO 8655-7:2022, 4.2, afin d'estimer l'incertitude de mesure lors de l'étalonnage des appareils volumétriques à piston (AVAP) conformément aux modes opératoires de mesure décrits dans ces documents et aux principes du Guide ISO/IEC 98-3.

La révision du présent document coïncide avec une révision majeure de la série ISO 8655 en 2022, afin de refléter l'état de l'art des modes opératoires et approches de mesure pour l'estimation de l'incertitude de mesure.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 20461:2023](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ba6366be-2213-4d22-8f5a-bf0ee237e5f2/iso-tr-20461-2023)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ba6366be-2213-4d22-8f5a-bf0ee237e5f2/iso-tr-20461-2023>

Détermination de l'incertitude de mesure pour les mesurages volumétriques des appareils volumétriques à piston au moyen de la méthode gravimétrique

1 Domaine d'application

Le présent document donne des informations détaillées concernant l'évaluation de l'incertitude pour le mode opératoire de mesure gravimétrique de référence spécifié dans l'ISO 8655-6^[1] et le mode opératoire gravimétrique spécifié dans l'ISO 8655-7:2022^[1], Annexe A, conformément au Guide ISO/IEC 98-3^[16].

Le présent document inclut également la détermination d'autres composantes de l'incertitude associées au procédé de distribution de liquide d'un appareil volumétrique à piston (AVAP), notamment la répétabilité et la manipulation. En outre, il fournit des exemples pour le calcul et l'application de l'incertitude du volume distribué moyen et de l'incertitude lors de l'utilisation d'un seul volume distribué.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 8655-1, *Appareils volumétriques à piston — Partie 1: Définitions, exigences générales et recommandations pour l'utilisateur*

Guide ISO/IEC 2, *Normalisation et activités connexes — Vocabulaire général*

Guide ISO/IEC 99, *Vocabulaire international de métrologie — Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM)*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 8655-1, le Guide ISO/IEC 2 et le Guide ISO/IEC 99 s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

4 Modélisation du mesurage

Dans le mode opératoire de mesure gravimétrique de référence, une quantité d'eau est distribuée par l'instrument en cours d'étalonnage (AVAP) dans un récipient qui est pesé sur une balance. Les conditions ambiantes sont enregistrées, de sorte que la masse volumique du liquide et la masse volumique de l'air puissent être déterminées et que, par conséquent, le volume distribué puisse être calculé à partir de ces données.

En outre, les effets de la perte par évaporation éventuelle et de la différence de température potentielle de l'AVAP par rapport à la température d'étalonnage de référence sont pris en compte en tant que corrections dans le modèle mathématique de l'étalonnage.

La formule générale pour calculer le volume à la température de référence de 20 °C, V_{20} (à une température de référence de 27 °C, V_{27}) à partir du relevé indiqué par la balance de l'eau distribuée, comme décrit dans l'ISO 4787[2] et dans la série de normes ISO 8655[1] est donnée par la [Formule \(1\)](#). Lorsqu'un liquide autre que l'eau est utilisé, la [Formule \(1\)](#) est modifiée en conséquence.

$$V_{\text{réf}} = (m_L - m_E + m_{\text{évap}}) \times \frac{1}{\rho_W - \rho_A} \times \left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_B} \right) \times [1 - \gamma(t_W - t_{\text{réf}})] \quad (1)$$

où

- $V_{\text{réf}}$ est le volume calculé à la température de référence, en ml;
- m_L est le relevé indiqué par la balance correspondant au récipient de pesage après la distribution d'eau, en g;
- m_E est le relevé indiqué par la balance correspondant au récipient de pesage avant la distribution d'eau, en g ($m_E = 0$ si la balance a été tarée avec le récipient de pesage);
- $m_{\text{évap}}$ est l'estimation de la masse de liquide évaporé au cours d'un cycle d'essai, en g;
- ρ_A est la masse volumique de l'air, en g/ml, à la température, à l'humidité et à la pression atmosphérique de l'essai, voir la [Formule \(3\)](#);
- ρ_B est la masse volumique des masses de référence (en général, 8 g/ml);
- ρ_W est la masse volumique de l'eau à la température d'essai (en °C), en g/ml, calculée à l'aide de la [Formule \(4\)](#) dite de «Tanaka»;
- γ est le coefficient de dilatation volumique combiné de l'AVAP soumis à essai, en °C⁻¹;
- t_W est la température de l'AVAP, réputée égale à la température de l'eau utilisée au cours de l'essai, en °C;

NOTE La température de l'AVAP peut être différente de la température de l'eau; cependant, la température de l'AVAP ne peut pas être mesurée directement. L'effet d'une différence de température potentielle peut être pris en compte dans le modèle d'incertitude.

$t_{\text{réf}}$ est la température de référence de l'AVAP (20 °C ou 27 °C).

Ce modèle montre que le volume mesuré $V_{\text{réf}}$ est une fonction de $m, t_W, \rho_A, \rho_B, \rho_W, \gamma$.

La [Formule \(1\)](#) peut être simplifiée en utilisant le facteur de correction Z conformément à ce qui suit:

$$V_{\text{réf}} = m_i \times Z \times [1 - \gamma(t_W - t_{\text{réf}})] \quad (2)$$

où

- m_i ($i=1$ to n) est chaque relevé indiqué par la balance;
- Z est le facteur de correction en fonction de la pression et de la température est donné dans l'ISO 8655-6:2022, Tableau A.1.

La formule simplifiée pour la masse volumique de l'air ρ_A , [Formule \(3\)](#), peut être utilisée à des températures comprises entre 15 °C et 27 °C, à des pressions barométriques comprises entre 600 hPa et 1 100 hPa, et à des humidités relatives comprises entre 20 % et 80 %:

$$\rho_A = \frac{1}{1\,000} \times \frac{0,348\,48 \times p - 0,009 \times h_r \times e^{(0,061 \times t_A)}}{t_A + 273,15} \quad (3)$$

où

ρ_A est la masse volumique de l'air, en g/ml;

t_A est la température ambiante, en °C;

p est la pression barométrique, en hPa;

h_r est l'humidité relative de l'air, en %.

Dans d'autres conditions environnementales, la [Formule \(3\)](#) est remplacée par les calculs décrits dans le document CIPM-2007[3].

Une autre formule couramment utilisée pour calculer la masse volumique de l'air est décrite dans les travaux de Spieweck[4].

La masse volumique de l'eau pure ρ_W est normalement fournie par des formules disponibles dans la littérature. La [Formule \(4\)](#) dite de Tanaka[5] peut être utilisée:

$$\rho_W = a_5 \left[1 - \frac{(t_W + a_1)^2 (t_W + a_2)}{a_3 (t_W + a_4)} \right] \quad (4)$$

où

ρ_W est la masse volumique de l'eau, en g/ml;

t_W est la température de l'eau, en °C;

a_1 -3,983 035 °C;

a_2 301,797 °C;

a_3 522 528,9 (°C)²;

a_4 69,348 81 °C;

a_5 0,999 974 950 g/ml.

Des corrections pour la pression atmosphérique peuvent également être appliquées au volume distribué conformément à l'[Annexe B](#) et à la [Formule \(B.1\)](#).

5 Mode opératoire général pour le calcul de l'incertitude

L'évaluation de l'incertitude de mesure dans le présent document suit Guide ISO/IEC 98-3. La méthode décrite comprend les étapes suivantes:

- expression, en termes mathématiques, de la relation entre le mesurande et ses grandeurs d'entrée;
- détermination de la valeur espérée de chaque grandeur d'entrée;
- détermination de l'incertitude-type de chaque grandeur d'entrée;

- d) détermination du degré de liberté de chaque grandeur d'entrée;
- e) détermination de toutes les covariances entre les grandeurs d'entrée;
- f) calcul de la valeur espérée du mesurande;
- g) calcul du coefficient de sensibilité de chaque grandeur d'entrée;
- h) calcul de l'incertitude-type composée du mesurande;
- i) calcul du nombre effectif de degrés de liberté de l'incertitude-type composée;
- j) choix d'un facteur d'élargissement, k , approprié pour obtenir le niveau de confiance requis;
- k) calcul de l'incertitude élargie.

Dans le présent document, l'incertitude de mesure associée au volume est divisée en trois articles distincts: les composantes de l'incertitude associées au système de mesure gravimétrique, les composantes de l'incertitude associées au dispositif soumis à essai (AVAP) et les composantes de l'incertitude associées au procédé de distribution de liquide.

6 Composantes de l'incertitude-type associées au système de mesure (mode opératoire de mesure gravimétrique)

6.1 Informations générales relatives à l'estimation des composantes de l'incertitude-type

Il est possible d'estimer expérimentalement l'incertitude-type d'une mesure, $u(x)$, pour une grandeur x , en effectuant des mesurages répétés de x dans des conditions expérimentales identiques. Il s'agit d'une évaluation de Type A selon le Guide ISO/IEC 98-3 de référence. L'écart-type des valeurs obtenues est une mesure de la répétabilité de la mesure. L'incertitude-type associée à x peut être l'écart-type (dans le cas où un seul mesurage de x est effectué), ou l'écart-type de la moyenne égal à $\text{stdev}(x)/\sqrt{n}$ (dans le cas où x est la moyenne de n relevés).

Voir le Guide ISO/IEC 98-3:2008,4.2, pour de plus amples informations sur l'évaluation de Type A de l'incertitude-type.

Alternativement aux mesurages répétés, l'incertitude de mesure, $u(x)$, pour une grandeur x , peut être estimée par d'autres moyens. Il s'agit d'une évaluation de Type B selon le Guide ISO/IEC 98-3. Par exemple, il est possible d'obtenir des informations pour cette estimation en prenant en compte les spécifications du fabricant relatives à l'AVAP (notamment résolution, linéarité, dérive, dépendance à la température, etc.).

Les spécifications du fabricant sont souvent indiquées sous la forme d'un intervalle couvrant la valeur de mesure, sans information supplémentaire concernant la dispersion ou la couverture. Dans ce cas, la mesure est présumée suivre la loi de probabilité uniforme ou rectangulaire. Cette loi est caractérisée par une probabilité constante à l'intérieur de l'intervalle, tandis que la probabilité en dehors de l'intervalle est de zéro.

L'intervalle peut être utilisé pour donner la variance de x sous la forme (évaluation de Type B selon le Guide ISO/IEC 98-3) de:

$$u^2(x_i) = \frac{\left[\frac{1}{2}(a_{i+} - a_{i-}) \right]^2}{3} = \frac{a_i^2}{3} \quad (5)$$

où a_{i-} et a_{i+} donnent les limites inférieure et supérieure de l'intervalle de la variable i .

a_i correspond à la moitié de cet intervalle, en général l'intervalle est noté comme $\pm a_i$ dans ce cas. L'incertitude-type est donnée comme la racine carrée de la variance.

Outre la loi rectangulaire uniforme, d'autres lois sont également possibles lors des évaluations de Type B. Voir le Guide ISO/IEC 98-3:2008, 4.3, pour de plus amples informations sur les évaluations de Type B de l'incertitude-type.

Les différentes expressions de l'incertitude-type de chaque grandeur d'entrée associée au mode opératoire de mesure gravimétrique de référence sont présentées dans les formules suivantes.

6.2 Incertitude-type du pesage (relevé indiqué par la balance)

L'incertitude-type $u(m)$ associée au relevé indiqué par la balance (m) est calculée comme suit:

$$u(m) = \left[u^2(m_L) + u^2(m_E) + u^2(\delta m) + u^2(m_{\text{évap}}) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

où

$u(m_L)$ est l'incertitude-type associée au relevé indiqué par la balance correspondant au récipient de pesage après la distribution d'eau, en g;

$u(m_E)$ est l'incertitude-type associée au relevé indiqué par la balance correspondant au récipient de pesage avant la distribution d'eau, en g;

$u(\delta m)$ est la dérive de la balance, en g;

$u(m_{\text{évap}})$ est l'incertitude-type de l'estimation de la masse d'eau évaporée au cours d'un cycle de distribution, en g. Cette valeur est déterminée expérimentalement dans chaque laboratoire.

NOTE 1 L'incertitude des relevés indiqués par la balance peut être estimée conformément aux références [10] et [11] à la valeur correspondant au volume sélectionné.

L'incertitude des relevés indiqués par la balance peut être reprise du certificat d'étalonnage de la balance si l'incertitude élargie lors de l'utilisation est exprimée. Dans le cas contraire, elle peut être calculée en utilisant l'incertitude déterminée par l'étalonnage et en ajoutant les erreurs non corrigées, ainsi que les effets possibles de la dérive et de l'environnement sur la sensibilité de la balance.

Le calcul de l'incertitude du pesage est déterminé en considérant que le récipient de pesage n'est pas retiré au cours de l'essai. D'autres incertitudes peuvent résulter du fait que le récipient est retiré de la balance.

NOTE 2 Les corrélations trouvées dans les mesures de masse sont, dans le cas du présent mode opératoire de mesure gravimétrique, négligeables.

6.3 Incertitude-type de la température

L'incertitude-type $u(t)$ associée à la température (eau et AVAP), t , est calculée comme suit:

$$u(t) = \left[u^2(t_W) + u^2(\delta t_s) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

où

$u(t_W)$ est l'incertitude de la température de l'eau ;

$u(\delta t_s)$ est l'estimation de l'incertitude due à la différence entre la température de l'eau et la température de l'AVAP;