
**Lignes directrices pour l'évaluation de
l'incertitude de mesure lors des essais de
puissance frigorifique et calorifique des
climatiseurs et des pompes à chaleur**

*Guidelines for the evaluation of uncertainty of measurement in air
conditioner and heat pump cooling and heating capacity tests*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TS 16491:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/188a728f-f22c-4b28-ad37-ddd053ab34f9/iso-ts-16491-2012)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/188a728f-f22c-4b28-ad37-
ddd053ab34f9/iso-ts-16491-2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/188a728f-f22c-4b28-ad37-ddd053ab34f9/iso-ts-16491-2012)



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO/TS 16491:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/188a728f-f22c-4b28-ad37-ddd053ab34f9/iso-ts-16491-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/188a728f-f22c-4b28-ad37-ddd053ab34f9/iso-ts-16491-2012>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2012

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'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
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
3.7 Types d'évaluation des erreurs	2
4 Symboles	3
5 Méthode de calcul	4
5.1 Étalonnage	4
5.2 Correction	4
5.3 Dérive (instrumentale)	5
5.4 Stabilité	5
5.5 Incertitude liée au manque d'homogénéité	5
6 Notes explicatives utiles pour l'application en laboratoire	5
6.1 Incertitude	5
6.2 Niveau de confiance	5
6.3 Évaluation des erreurs	5
6.4 Étapes d'évaluation de l'incertitude de mesure	5
6.5 Incertitude de mesure	6
7 Évaluation de l'incertitude – Méthode de la chambre calorimétrique	8
7.1 Essai de puissance frigorifique	9
7.2 Essai de puissance calorifique	12
8 Évaluation de l'incertitude – Méthode enthalpique sur l'air	16
8.1 Essai de puissance frigorifique	17
8.2 Essai de puissance calorifique	18
8.3 Incertitude de mesure du débit d'air volumique	19
Annexe A (normative) Feuilles de bilan d'incertitude	20
Annexe B (informative) Détermination de la contribution indirecte à l'incertitude, $U(C_i)$	29
Bibliographie	30

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.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

Dans d'autres circonstances, en particulier lorsqu'il existe une demande urgente du marché, un comité technique peut décider de publier d'autres types de documents:

- une Spécification publiquement disponible ISO (ISO/PAS) représente un accord entre les experts dans un groupe de travail ISO et est acceptée pour publication si elle est approuvée par plus de 50 % des membres votants du comité dont relève le groupe de travail;
- une Spécification technique ISO (ISO/TS) représente un accord entre les membres d'un comité technique et est acceptée pour publication si elle est approuvée par 2/3 des membres votants du comité.

Une ISO/PAS ou ISO/TS fait l'objet d'un examen après trois ans afin de décider si elle est confirmée pour trois nouvelles années, révisée pour devenir une Norme internationale, ou annulée. Lorsqu'une ISO/PAS ou ISO/TS a été confirmée, elle fait l'objet d'un nouvel examen après trois ans qui décidera soit de sa transformation en Norme internationale soit de son annulation.

L'attention est appelée 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.

L'ISO/TS 16491 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 86, *Froid et climatisation*, sous-comité SC 6, *Essai et étalonnage des climatiseurs et pompes à chaleur*.

Introduction

La présente Spécification technique est destinée à constituer un guide pratique pour aider le personnel de laboratoire à évaluer les incertitudes de mesure de la puissance frigorifique et de la puissance calorifique des climatiseurs. Elle contient une brève introduction aux bases théoriques de calcul ainsi que des exemples de feuilles de bilan d'incertitude pouvant être utilisées comme base pour la détermination de l'incertitude de mesure.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO/TS 16491:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/188a728f-f22c-4b28-ad37-ddd053ab34f9/iso-ts-16491-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/188a728f-f22c-4b28-ad37-ddd053ab34f9/iso-ts-16491-2012>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TS 16491:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/188a728f-f22c-4b28-ad37-ddd053ab34f9/iso-ts-16491-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/188a728f-f22c-4b28-ad37-ddd053ab34f9/iso-ts-16491-2012>

Lignes directrices pour l'évaluation de l'incertitude de mesure lors des essais de puissance frigorifique et calorifique des climatiseurs et des pompes à chaleur

1 Domaine d'application

La présente Spécification technique donne des lignes directrices pour les applications pratiques des principes de mesure de la performance des climatiseurs à condensation par air et des pompes à chaleur air/air tels que décrits dans l'ISO 5151, l'ISO 13253 et l'ISO 15042.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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).

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

Guide ISO/CEI 98-3, *Incertitude de mesure — Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/188a728f-f22c-4b28-ad37-ddd053ab34f9/iso-ts-16491-2012>

ISO 3534-1, *Statistique — Vocabulaire et symboles — Partie 1: Termes statistiques généraux et termes utilisés en calcul des probabilités*

ISO 5151, *Climatiseurs et pompes à chaleur non raccordés — Essais et détermination des caractéristiques de performance*

ISO 13253, *Climatiseurs et pompes à chaleur air/air raccordés — Essais et détermination des caractéristiques de performance*

ISO 15042, *Climatiseurs et pompes à chaleur air/air multi-split — Essais et détermination des caractéristiques de performance*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans le Guide ISO/CEI 99, le Guide ISO/CEI 98-3, l'ISO 3534-1, l'ISO 5151, l'ISO 13253 et l'ISO 15042 s'appliquent.

NOTE Les définitions des termes de 3.1 à 3.5 ont été reprises du Guide ISO/CEI 99:2007, 2.39, 4.14, 2.53, 4.21 et 4.19, respectivement, et sont répétées ici pour une référence facile.

3.1 étalonnage

opération qui, dans des conditions spécifiées, établit en une première étape une relation entre les valeurs et les incertitudes de mesure associées qui sont fournies par des étalons et les indications correspondantes

avec les incertitudes associées, puis utilise en une seconde étape cette information pour établir une relation permettant d'obtenir un résultat de mesure à partir d'une indication.

[SOURCE: Guide ISO/CEI 99:2007, 2.39]

3.2 résolution

plus petite variation de la grandeur mesurée qui produit une variation perceptible de l'indication correspondante

[SOURCE: Guide ISO/CEI 99:2007, 4.14]

NOTE Dans le cas d'un instrument numérique, cette valeur correspond à la valeur du dernier chiffre significatif de la lecture de l'instrument. Cette valeur peut être différente sur la plage globale d'un instrument.

3.3 correction

modification appliquée à une grandeur mesurée pour compenser un effet systématique connu

[SOURCE: Guide ISO/CEI 99:2007, 2.53, modifié]

3.4 dérive (instrumentale)

variation continue d'une indication, qui n'est liée ni à une variation de la grandeur mesurée, ni à une variation d'une grandeur d'influence identifiée

[SOURCE: Guide ISO/CEI 99:2007, 4.21, modifié]

3.5 stabilité

propriété d'un instrument de mesure selon laquelle celui-ci conserve ses propriétés métrologiques constantes au cours du temps

[SOURCE: Guide ISO/CEI 99:2007, 4.19, modifié]

3.6 incertitude due au manque d'homogénéité

composante s'appliquant spécifiquement aux mesurages de la température de l'air lorsque plusieurs sondes sont utilisées simultanément

NOTE Dans ce cas, la valeur de la température de l'air utilisée dans le calcul de la puissance calorifique est la moyenne des mesures des différentes sondes

3.7 Types d'évaluation des erreurs

3.7.1 évaluation de type A de l'incertitude-type

évaluation de l'incertitude-type reposant sur toute méthode statistique valable pour le traitement des données.

NOTE Cela consiste par exemple à calculer l'écart-type de la moyenne d'une série d'observations indépendantes en utilisant la méthode des moindres carrés pour ajuster une courbe aux données afin d'évaluer les paramètres de la courbe et leurs écarts-types, et à réaliser une analyse de la variance pour identifier et quantifier les effets aléatoires dans certains types de mesurages. Si la situation de mesurage est particulièrement complexe, il convient d'envisager de demander l'aide d'un statisticien.

3.7.2 évaluation de type B de l'incertitude-type

évaluation de l'incertitude-type qui repose généralement sur un jugement scientifique fondé sur toutes les informations pertinentes disponibles

NOTE Les informations pertinentes peuvent inclure:

- des résultats de mesures antérieures;
- l'expérience ou la connaissance générale du comportement et des propriétés des matériaux et instruments utilisés;
- les spécifications du fabricant;
- les données fournies par des certificats d'étalonnage ou autres rapports;
- l'incertitude assignée à des valeurs de référence provenant d'ouvrages et manuels.

4 Symboles

Pour les besoins du présent document, les symboles définis dans l'ISO 5151, l'ISO 13253 et l'ISO 15042 ainsi que les suivants s'appliquent.

Symbole	Description	Unité
e	pression partielle de la vapeur d'eau	Pa
$e_w(T_d)$	pression partielle de la vapeur d'eau à T_d	Pa
f_w	facteur d'amélioration considéré comme une valeur constante égale à 1	—
$K_{S,i}$	coefficient de déperdition de chaleur entre l'enceinte côté intérieur de la chambre calorimétrique et son environnement	$W \cdot K^{-1}$
$K_{S,o}$	coefficient de déperdition de chaleur entre l'enceinte côté extérieur de la chambre calorimétrique et son environnement	$W \cdot K^{-1}$
$K_{S,p}$	coefficient de déperdition de chaleur entre les enceintes côté intérieur et côté extérieur de la chambre calorimétrique à travers la cloison de séparation	$W \cdot K^{-1}$
m_a	masse de l'air sec	kg
M_a	masse molaire de l'air sec	molaire ($kg \cdot mol^{-1}$)
M_v	masse molaire de la vapeur d'eau	molaire ($kg \cdot mol^{-1}$)
N	nombre de capteurs	—
N_T	nombre de valeurs enregistrées au cours du temps d'acquisition	—
p	pression atmosphérique	Pa
p_a	pression partielle de l'air sec	Pa
p_w	pression partielle de la vapeur d'eau à la température humide T_w	Pa
q_{iw}	débit d'eau dans l'échangeur de l'enceinte côté intérieur de la chambre calorimétrique	kg/s
q_{ow}	débit d'eau dans l'échangeur de l'enceinte côté extérieur de la chambre calorimétrique	kg/s
R	constante des gaz parfaits	—
T	température sèche de l'air	$^{\circ}C$

Symbole	Description	Unité
T_d	température du point de rosée de l'air	°C
T_i	valeur mesurée par le capteur i	—
T_m	valeur moyenne mesurée par N capteurs	—
T_{iam}	température de l'air dans l'enceinte côté intérieur de la chambre calorimétrique	°C
T_{oam}	température de l'air dans l'enceinte côté extérieur de la chambre calorimétrique	°C
T_{iscm}	température de l'air dans l'environnement de l'enceinte côté intérieur de la chambre calorimétrique	°C
T_{oscm}	température de l'air dans l'environnement de l'enceinte côté extérieur de la chambre calorimétrique	°C
T_{iwi}	température d'entrée de l'eau dans l'échangeur de l'enceinte côté intérieur de la chambre calorimétrique	°C
T_{iwo}	température de sortie de l'eau de l'échangeur de l'enceinte côté intérieur de la chambre calorimétrique	°C
T_{owi}	température d'entrée de l'eau de l'échangeur de l'enceinte côté extérieur de la chambre calorimétrique	°C
T_{owo}	température de sortie de l'eau de l'échangeur de l'enceinte côté extérieur de la chambre calorimétrique	°C
$U(C_i)$	contribution indirecte à l'incertitude élargie	W
$u(C_i)$	contribution indirecte à l'incertitude-type	W
V	volume de l'air sec	m ³
δ	rapport de la masse molaire de la vapeur d'eau sur la masse molaire de l'air sec (0,62198)	—

5 Méthode de calcul

5.1 Étalonnage

Cette valeur est indiquée dans le certificat d'étalonnage.

Elle correspond à l'incertitude d'étalonnage qui prend en compte l'instrument de référence et l'instrument étalonné. L'incertitude d'étalonnage doit avoir un niveau de confiance d'au moins 95 %.

5.2 Correction

Cette grandeur concerne dans le cas présent la correction de l'étalonnage.

Si cette correction d'étalonnage est appliquée à la mesure brute de l'instrument par l'intermédiaire d'une courbe de modélisation, ce terme correspond à la différence maximale entre le modèle de correction et les résultats d'étalonnage. Si aucune correction n'est appliquée à la mesure brute de l'instrument, cette correction est ajoutée linéairement à l'incertitude élargie.

5.3 Dérive (instrumentale)

Cette valeur correspond à la différence entre des corrections d'étalonnage successives.

5.4 Stabilité

Cette grandeur est généralement une moyenne de plusieurs données instantanées mesurées pendant une période donnée. La composante de l'incertitude due à la stabilité est calculée sous forme d'écart-type des mesures instantanées, et l'incertitude-type de la valeur moyenne est définie comme étant cet écart-type divisé par la racine carrée du nombre de données enregistrées.

5.5 Incertitude liée au manque d'homogénéité

La composante de l'incertitude liée à l'homogénéité est calculée sous forme d'écart-type des mesures individuelles, et l'incertitude-type de la valeur moyenne est définie comme étant cet écart-type divisé par la racine carrée du nombre de sondes.

6 Notes explicatives utiles pour l'application en laboratoire

6.1 Incertitude

Aucun mesurage d'une grandeur réelle ne peut être exact; il existe toujours une erreur de mesure. Les erreurs peuvent être dues à des instruments de mesure qui ne sont pas exacts, à des conditions d'essai qui ne sont pas précises ou à de nombreux autres facteurs, notamment l'erreur humaine. L'ordre de grandeur probable de cette erreur de mesure est connu sous le nom d'incertitude. L'incertitude peut être exprimée sous la forme d'une plage de résultats d'essai (par exemple $10 \text{ kW} \pm 0,1 \text{ kW}$) ou sous la forme d'une fraction ou d'un pourcentage du résultat d'essai (par exemple $10 \text{ kW} \pm 1 \%$).

6.2 Niveau de confiance

Le niveau de confiance fait référence à la probabilité que le résultat vrai d'un mesurage se situe dans la plage indiquée par l'incertitude. Par exemple, si le mesurage d'une puissance est de $10,0 \text{ kW} \pm 1 \%$ avec un niveau de confiance de 95 %, cela signifie que la probabilité que la valeur vraie de la puissance soit située hors de la plage de 9,90 kW à 10,10 kW est au maximum de 5 %. Un niveau de confiance de 95 % est généralement utilisé pour les mesurages d'ingénierie; il s'agit d'un bon compromis entre la fiabilité des mesurages et le coût de réalisation de ces mesurages.

6.3 Évaluation des erreurs

Deux types d'évaluations des erreurs sont reconnus par le Guide ISO/CEI 98-3. Une évaluation de type A implique des méthodes statistiques d'évaluation des erreurs et ne peut être utilisée qu'en cas de mesurages répétés de la même grandeur. Une évaluation de type B utilise tout autre moyen et peut nécessiter de se servir des connaissances disponibles sur le système de mesure, par exemple les certificats d'étalonnage des instruments et l'expérience, pour déterminer les facteurs sont susceptibles d'engendrer des erreurs de mesure.

6.4 Étapes d'évaluation de l'incertitude de mesure

Pour évaluer l'incertitude de mesure, il est nécessaire de suivre une série d'étapes:

- a) un modèle de système de mesure répertorient tous les facteurs qui contribuent à la mesure doit être mis au point;
- b) l'examen de ce modèle déterminera l'ordre de grandeur de la contribution de chaque source d'erreur à l'erreur de mesure finale;

- c) dans de nombreux cas, les unités de la mesure finale différeront des unités des différentes mesures impliquées. Par exemple, le mesurage de la puissance frigorifique d'un climatiseur (en kilowatts, KW) impliquera le mesurage des températures (en degrés Celsius, ou °C) ou des écarts de température (en Kelvin, K). Dans ce cas, il est nécessaire de déterminer des facteurs de pondération pour décrire l'effet que ces erreurs de mesure auront sur la mesure finale de la puissance. Ces facteurs de pondération sont connus sous le nom de coefficients de sensibilité;
- d) une fois que tous les facteurs contribuant à la mesure finale ont été évalués, avec leurs coefficients de sensibilité, ils doivent être combinés pour obtenir l'incertitude globale de la mesure finale.

6.5 Incertitude de mesure

6.5.1 Incertitude de mesures individuelles

L'incertitude de mesure de chaque mesure individuelle doit prendre en compte les différentes composantes des incertitudes telles que décrites ci-après, le cas échéant.

Tableau 1 — Composantes des incertitudes pour des mesures individuelles

Source d'incertitude	Base de l'évaluation	Valeur du certificat d'étalonnage ou valeur réelle	Loi de probabilité	Facteur d'élargissement, <i>k</i> [Guide ISO/CEI 99:2007, 2.38] ^a	Incertitude-type
Étalonnage	Certificat d'étalonnage	U_1	Normale	2	$u_1 = \frac{U_1}{2}$
Résolution	Spécifications	U_2	Rectangulaire	$2 \times \sqrt{3}$	$u_2 = \frac{U_2}{2 \times \sqrt{3}}$
Correction	Certificat d'étalonnage	U_3	— (voir 6.5.1, NOTE 1 et NOTE 2)	— (voir 6.5.1, NOTE 1 et NOTE 2)	u_3 (voir 6.5.1, NOTE 1 et NOTE 2)
Dérive	Certificat d'étalonnage	U_4	Rectangulaire	$\sqrt{3}$	$u_4 = \frac{U_4}{\sqrt{3}}$
Stabilité (dans le temps)	Moyenne	S_5	Écart-type sur une valeur moyenne	$\sqrt{N_T}$	$\frac{S_5}{\sqrt{N_T}}$

^a Nombre supérieur à un par lequel une incertitude-type composée est multipliée pour obtenir une incertitude de mesure élargie.

L'incertitude élargie, *U*, est donc calculée comme suit:

- a) Si la correction de l'étalonnage est appliquée:

$$U = 2 \times \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + \left(\frac{S_5}{\sqrt{N_T}} \right)^2} \tag{1}$$