
**Technique du vide — Manomètres
à vide — Évaluation de l'incertitude
des résultats des étalonnages
par comparaison directe avec un
manomètre de référence**

*Vacuum technology — Vacuum gauges — Evaluation of the
uncertainties of results of calibrations by direct comparison with a
reference gauge*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 27893:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/76460e7d-01e2-4e77-b344-1eb20cd70cf4/iso-27893-2011>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 27893:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/76460e7d-01e2-4e77-b344-1eb20cd70cf4/iso-27893-2011>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2011

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées 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 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

Version française parue en 2013

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles et abréviations	2
5 Concept et modèle fondamentaux	3
5.1 Généralités.....	3
5.2 Modèle somme.....	4
5.3 Modèle quotient.....	4
5.4 Combinaison des deux modèles.....	5
6 Calcul de l'incertitude dans le modèle somme	5
6.1 Incertitude totale — Modèle somme.....	5
6.2 Contributions à l'incertitude dues à l'étalon de référence.....	6
6.3 Contributions à l'incertitude dues à l'appareil en étalonnage (UUC).....	7
6.4 Contributions à l'incertitude dues à la méthode ou aux conditions d'étalonnage.....	8
6.5 Facteur d'élargissement.....	8
7 Calcul de l'incertitude dans le modèle quotient	9
7.1 Incertitude totale — Modèle quotient.....	9
7.2 Contributions à l'incertitude dues à l'étalon de référence.....	9
7.3 Contributions à l'incertitude dues à l'appareil en étalonnage (UUC).....	10
7.4 Contributions à l'incertitude dues à la méthode ou aux conditions d'étalonnage.....	11
7.5 Facteur d'élargissement.....	12
8 Combinaison des modèles somme et quotient pour l'erreur de relevé	13
9 Indication des incertitudes	13
9.1 Budget d'incertitude.....	13
9.2 Certificat d'étalonnage.....	14
Bibliographie	15

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.

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 27893 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 112, *Technique du vide*.

Cette première édition de l'ISO 27893 annule et remplace la première édition de l'ISO/TS 27893:2009, qui a fait l'objet d'une révision technique.

ITEH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 27893:2011
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/76460e7d-01e2-4e77-b344-1eb20cd70cf4/iso-27893-2011>

Technique du vide — Manomètres à vide — Évaluation de l'incertitude des résultats des étalonnages par comparaison directe avec un manomètre de référence

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale donne des lignes directrices pour la détermination et l'indication des incertitudes de mesure engendrées par l'étalonnage des manomètres à vide par comparaison directe avec un manomètre de référence effectué conformément à l'ISO/TS 3567.

La présente Norme internationale décrit des méthodes d'indication uniforme des incertitudes dans les certificats des manomètres à vide. Les incertitudes signalées conformément aux lignes directrices énoncées dans la présente Norme internationale sont réutilisables dans la mesure où une incertitude évaluée pour un résultat peut être utilisée lors de l'évaluation de l'incertitude d'une autre mesure ou d'un autre étalonnage au cours de laquelle le premier résultat est utilisé.

La présente Norme internationale définit deux modèles de mesurage qui suffisent à couvrir la plupart des cas concrets. Il est toutefois possible que les modèles donnés ici ne puissent pas être appliqués aux manomètres à vide mis au point récemment.

L'incertitude finale à consigner dans un certificat est évaluée à partir des incertitudes des grandeurs en entrée et des grandeurs d'influence. Les principales grandeurs pouvant avoir un impact sur le résultat d'un étalonnage à vide sont décrites; toutefois, la liste complète des grandeurs possibles pouvant avoir une influence sur le résultat final ne relève pas du domaine d'application de la présente Norme internationale.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/76460e7d-01e2-4e77-b344-11d1c79c81e-27893-2011>

NOTE L'élaboration de futures Spécifications techniques portant sur l'étalonnage de types spécifiques de manomètres à vide est envisagée.

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).

ISO/TS 3567, *Manomètres — Étalonnage par comparaison directe avec un manomètre de référence*

Guide ISO/CEI 98-3, *Incertainitude de mesure — Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertainitude de mesure (GUM:1995)*

Guide ISO/CEI 99:2007, *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/TS 3567, le Guide ISO/CEI 98-3 et le Guide ISO/CEI 99 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

relevé corrigé

valeur d'un relevé de manomètre après correction des erreurs systématiques

EXEMPLE Pour les résultats donnés dans le certificat d'étalonnage de l'étalon de référence.

3.2
instabilité à long terme

changement possible d'une valeur étalonnée après de longues périodes

EXEMPLE Changement causé par le transport du dispositif.

Note 1 à l'article: L'instabilité à long terme est différente de la reproductibilité telle qu'elle est définie dans le Guide ISO/CEI 99:2007, 3.7.

3.3
modèle

<incertitude de mesure> modèle mathématique spécifié dans le Guide ISO/CEI 98-3

3.4
décalage

<instruments de mesure> erreur à zéro
erreur de mesurage de référence où la valeur de grandeur mesurée spécifiée est zéro

Note 1 à l'article: Adapté du Guide ISO/CEI 99:2007, 4.28.

EXEMPLE Relevé en l'absence de pression (absolue ou différentielle) ou en présence d'une pression très inférieure à la limite de résolution appliquée à un manomètre à vide.

3.5
écart de décalage

différence possible d'une valeur de **décalage** (3.4) entre le moment où le **décalage** (3.4) est mesuré et le moment où le relevé de pression est effectué

3.6
étalon de référence

manomètre de référence
étalon, généralement de la plus haute qualité métrologique disponible sur un site donné ou au sein d'un organisme donné, dont découlent les mesurages effectués sur ce site ou au sein de cet organisme

Note 1 à l'article: Adapté du Guide ISO/CEI 99:2007, 6.6.

EXEMPLE Manomètre ou étalon qui assure la traçabilité à l'unité SI de l'appareil d'étalonnage conformément à l'ISO/TS 3567.

3.7
pression d'étalonnage

<manomètres à vide> pression évaluée à partir du **relevé corrigé** (3.1) de l'**étalon de référence** (3.6) et toute correction nécessaire à la prise de manomètre de l'appareil en étalonnage

EXEMPLE Des corrections peuvent s'avérer nécessaires en cas de différences connues entre prises de manomètre.

4 Symboles et abréviations

Symbole ou abréviation	Signification	Unité
UUC	Unit Under Calibration (appareil en étalonnage - manomètre à vide)	—
<i>e</i>	erreur de relevé	unités relatives
<i>k</i>	facteur d'élargissement de l'incertitude-type, <i>u</i>	1
<i>p</i> _{UUC}	indication de pression d'un UUC avec correction des écarts connus	Pa
<i>p</i> _{ind,UUC}	indication de pression d'un UUC sans correction d'aucun écart	Pa

Symbole ou abréviation	Signification	Unité
p_{std}	indication de pression d'un manomètre de référence (étalon de référence) avec correction des écarts connus	Pa
$p_{ind, std}$	indication de pression d'un manomètre de référence (étalon de référence) sans correction d'aucun écart	Pa
r_{UUC}	grandeur déterminée par étalonnage dans le modèle quotient	toute unité
r_{std}	grandeur déterminée pour l'étalon de référence	toute unité
S	sensibilité de sortie d'un manomètre à vide	toute unité
u	incertitude-type	toute unité
U	incertitude élargie	toute unité
x_{UUC}	indication d'un UUC	toute unité
x_{std}	indication d'un manomètre de référence	toute unité
x_i	grandeurs en entrée (souvent inconnues) et corrections du manomètre	toute unité
X_i	grandeurs en entrée (souvent inconnues) et corrections de la méthode ou des conditions d'étalonnage	toute unité
Δp	erreur de relevé en unités absolues	Pa
δp_i	écarts d'unité de pression (souvent inconnus)	Pa
δx_i	écarts (souvent inconnus) de x	toute unité
σ_{eff}	coefficient d'accommodation efficace d'un manomètre à rotor	1

NOTE 1 Pa = 0,01 mbar.

5 Concept et modèle fondamentaux

5.1 Généralités

Dans un étalonnage de manomètre à vide effectué conformément à l'ISO/TS 3567, le relevé corrigé d'un manomètre de référence donne la valeur de la grandeur traçable au SI. Tous les manomètres à vide doivent être étalonnés en pression. Cela signifie que l'utilisateur du manomètre à vide étalonné conformément à l'ISO/TS 3567 et à la présente Norme internationale obtient une affectation claire de la grandeur en sortie du manomètre à l'unité de pression SI, à savoir le pascal.

La valeur de pression obtenue à partir du relevé corrigé de la sortie de l'étalon de référence peut servir à déterminer la pression à la prise d'entrée de l'appareil en étalonnage (UUC). Cette valeur est dénommée valeur de pression d'étalonnage. Le relevé corrigé de l'étalon de référence est souvent identique à la valeur de pression d'étalonnage, et valable pour toutes les prises de manomètre.

La valeur de pression d'étalonnage peut servir à déterminer une erreur du relevé, Δp , de l'appareil en étalonnage. Dans ce cas, un modèle somme donne une description adéquate de la mesure.

La valeur de pression d'étalonnage peut également servir à déterminer un facteur de correction, un coefficient de sensibilité, un coefficient d'accommodation efficace ou une constante de manomètre, auquel cas un modèle quotient donne une description adéquate de la mesure.

Dans le cas des deux modèles, on peut supposer qu'il n'existe aucune corrélation entre les grandeurs en entrée.

5.2 Modèle somme

Dans le modèle somme, la différence entre le relevé de l'UUC, p_{ind} , et la pression d'étalonnage «réelle» traçable aux unités SI est prise comme mesurande, Δp . La pression d'étalonnage est donnée par la valeur de pression de l'étalon de référence, p_{std} , éventuellement accompagnée d'un terme correctif, δp_m , la méthode d'étalonnage prenant en compte des effets connus tels que la correction de hauteur, l'effusion thermique et la non-uniformité de la pression. Le modèle somme général devient donc

$$\Delta p = p_{UUC} - (p_{std} + \delta p_m) \tag{1}$$

Le premier terme se rapporte à l'UUC, le deuxième à l'étalon de référence et le troisième à la méthode d'étalonnage. La somme des deux derniers termes donne la valeur de pression d'étalonnage. Toutes les grandeurs doivent être exprimées selon l'unité de pression SI, à savoir le pascal.

Chacun de ces termes est de nouveau exprimé à l'aide d'une autre équation de modèle, qui effectue toutes les corrections nécessaires du fait des décalages, des corrections de température, de l'écart d'indication par rapport à la valeur SI selon le certificat d'étalonnage, etc.

5.3 Modèle quotient

Dans le modèle quotient, le rapport entre le relevé de l'UUC, x_{UUC} , et la valeur de pression de l'étalon, p_{std} , est pris comme mesurande, r_{UUC} . Le modèle quotient général devient donc

$$r_{UUC} = \frac{x_{UUC}}{p_{std}} \prod_i X_i \tag{2}$$

Le numérateur se rapporte à l'UUC, le dénominateur à l'étalon de référence, et le produit à la méthode et les conditions d'étalonnage. Ce dernier peut également être défini par les manomètres à vide lors de l'étude, comme le courant d'émission dans un manomètre à ionisation à cathode chaude. Il est possible d'exprimer x_{ind} avec n'importe quelle unité réaliste, par exemple une unité de pression, de tension ou de courant. X_i peut être exprimé à l'aide de n'importe quelle unité physique valable, ou peut être sans dimension.

Chacun de ces facteurs est exprimé à l'aide d'une autre équation de modèle, qui effectue toutes les corrections nécessaires du fait des décalages, des corrections de température, de l'écart d'indication selon le certificat d'étalonnage, etc.

Voici quelques exemples de r_{UUC} :

- a) f_c^{-1} : inverse d'un facteur de correction sans dimension, où $x_{UUC} = p_{UUC}$ et $X_i = 1$;
- b) S : sensibilité de la sortie analogique, V_{UUC} , d'un manomètre à membrane à capacitance, où $x_{UUC} = V_{UUC}$;
- c) S : sensibilité de la sortie analogique, V_{UUC} , d'un manomètre à conduction thermique, où $x_{UUC} = V_{UUC}$;
- d) σ_{eff} : coefficient d'accommodation efficace d'un manomètre à rotor, où $x_{UUC} = p_{UUC}$, quand $\sigma_{eff} = 1$ a été saisi dans le régulateur;
- e) S : sensibilité d'un manomètre Bayard-Alpert à cathode chaude, où $x_{UUC} = I_{UUC}$ est le courant d'ions positifs du collecteur et $X_1 = 1/I_e$, où I_e est le courant d'émission.

5.4 Combinaison des deux modèles

Il est possible d'évaluer certaines des grandeurs en entrée de chaque modèle à l'aide de l'un ou l'autre des deux modèles. En premier lieu, par exemple, p_{std} et son incertitude peuvent être évalués avec le modèle quotient; ainsi

$$p_{\text{std}} = \frac{x_{\text{std}}}{r_{\text{std}}} \quad (3)$$

Le résultat peut alors être utilisé dans l'Équation (1). Cela est inévitable si r_{std} est donné dans le certificat appliquant l'Équation (2) (par exemple la sensibilité d'une sortie analogique), où r_{UUC} est remplacé par r_{std} .

Il est toutefois déconseillé de combiner les modèles somme et quotient dans une seule équation. Il s'agit-là d'une tâche qu'il convient de laisser aux experts, des coefficients de sensibilité complexes non inclus dans la présente Norme internationale pour des raisons de clarté pouvant apparaître. Cependant, l'erreur relative de relevé, e , est un cas courant, dans lequel il est possible d'associer les deux méthodes dans une combinaison facile à utiliser.

L'erreur de relevé, e , peut être exprimée mathématiquement par

$$e = \frac{p_{\text{UUC}} - (p_{\text{std}} + \delta p_m)}{(p_{\text{std}} + \delta p_m)} = \frac{p_{\text{UUC}}}{p_{\text{std}} + \delta p_m} - 1 \quad (4a)$$

ou, si $\delta p_m = 0$

$$e = \frac{p_{\text{UUC}} - p_{\text{std}}}{p_{\text{std}}} = \frac{p_{\text{UUC}}}{p_{\text{std}}} - 1 \quad (4b)$$

Voir l'Article 4 pour connaître la signification de p_{UUC} , p_{std} et δp_m . L'incertitude de e est décrite à l'Article 8.

ISO 27893:2011

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/76460e7d-01e2-4e77-b344-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/76460e7d-01e2-4e77-b344-1eb20cd70cf4/iso-27893-2011)

[1eb20cd70cf4/iso-27893-2011](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/76460e7d-01e2-4e77-b344-1eb20cd70cf4/iso-27893-2011)

6 Calcul de l'incertitude dans le modèle somme

6.1 Incertitude totale — Modèle somme

L'incertitude totale dans le modèle somme, $u(\Delta p)$, est donnée par

$$u(\Delta p) = \sqrt{u(p_{\text{UUC}})^2 + u(p_{\text{std}})^2 + u(\delta p_m)^2} \quad (5)$$

où

$u(p_{\text{UUC}})$ est l'incertitude-type de l'indication corrigée du manomètre à vide en étalonnage;

$u(p_{\text{std}})$ est l'incertitude-type de la valeur de pression de l'étalon;

$u(\delta p_m)$ est l'incertitude-type des écarts dus à la méthode d'étalonnage.

6.2 Contributions à l'incertitude dues à l'étalon de référence

La mesure de la pression de l'étalon, p_{std} , est donnée par

$$p_{std} = p_{ind, std} - p_{offs, std} + \delta p_{drft, std} + \delta p_{cal, std} + \delta p_{t, std} + \delta p_{T, std} + \delta p_{els, std} \quad (6)$$

où

- $p_{ind, std}$ est l'indication de l'étalon de référence;
- $p_{offs, std}$ est le décalage (écart du zéro) de l'étalon de référence;
- $\delta p_{drft, std}$ est l'écart de décalage dû à la dérive (dans la plupart des cas, $\delta p_{drft, std} = 0$);
- $\delta p_{cal, std}$ est la correction selon le certificat d'étalonnage;
- $\delta p_{t, std}$ est l'écart dû à l'instabilité à long terme (dans la plupart des cas, $\delta p_{t, std} = 0$);
- $\delta p_{T, std}$ est l'écart dû à la température du laboratoire d'étalonnage;
- $\delta p_{els, std}$ est l'écart dû à d'autres influences, comme l'inclinaison du dispositif (dans la plupart des cas, $\delta p_{els, std} = 0$).

Toutes les grandeurs de l'Équation (6) se rapportent au manomètre étalon de référence.

NOTE Si le décalage est déduit ou réglé sur zéro dans le dispositif lui-même, $p_{offs, std} = 0$.

L'incertitude-type de la pression de l'étalon, $u(p_{std})$, est alors donnée par

$$u(p_{std}) = \sqrt{u(p_{ind, std})^2 + u(p_{offs, std})^2 + u(\delta p_{drft, std})^2 + u(\delta p_{cal, std})^2 + u(\delta p_{t, std})^2 + u(\delta p_{T, std})^2 + u(\delta p_{els, std})^2} \quad (7)$$

où

- $u(p_{ind, std})$ est l'incertitude provenant de la dispersion des valeurs de mesure, y compris la dispersion due à la numérisation, à la dispersion de résolution, etc.;
- $u(p_{offs, std})$ est l'incertitude des valeurs de décalage au moment du mesurage du décalage [sans la reproductibilité du décalage couvert par $u(\delta p_{drft, std})$];
- $u(\delta p_{drft, std})$ est l'incertitude des valeurs de décalage au moment de l'étalonnage due à la dérive du décalage ou à d'autres dépendances systématiques, par exemple du fait de la dépendance en fréquence des manomètres à rotor;
- $u(\delta p_{cal, std})$ est l'incertitude de l'étalon selon le certificat d'étalonnage;
- $u(\delta p_{t, std})$ est l'élément d'incertitude permise pour l'instabilité à long terme;
- $u(\delta p_{T, std})$ est l'élément d'incertitude dû à l'influence de la température dans les conditions du laboratoire d'étalonnage;
- $u(\delta p_{els, std})$ est l'incertitude due aux conditions spécifiques présentes dans le laboratoire d'étalonnage, comme une position de montage différente des dispositifs incorporés.

Lorsque $p_{ind, std}$ n'a pas été obtenu à partir d'observations répétées, évaluer $u(p_{ind, std})$ en suivant une démarche scientifique basée sur toutes les informations disponibles concernant la variabilité possible (y compris l'élément d'incertitude dû à la numérisation, à la répétabilité, etc.).

Lorsque la température d'étalonnage est différente de celle qui figure dans le certificat d'étalonnage, il convient de prendre $u(\delta p_{T, std})$ en compte, s'il est important.

6.3 Contributions à l'incertitude dues à l'appareil en étalonnage (UUC)

La mesure de la pression de l'UUC, p_{UUC} , est donnée par

$$p_{UUC} = p_{ind,UUC} - p_{offs,UUC} + \delta p_{drft,UUC} + \delta p_{els,UUC} \quad (8)$$

où

$p_{ind,UUC}$ est l'indication de l'UUC;

$p_{offs,UUC}$ est le décalage (écart du point zéro) de l'UUC;

$\delta p_{drft,UUC}$ est l'écart de décalage dû à la dérive (dans la plupart des cas, $\delta p_{drft,UUC} = 0$);

$\delta p_{els,UUC}$ représente les écarts dus à d'autres influences, comme l'inclinaison (dans la plupart des cas, $\delta p_{res,UUC} = 0$).

L'incertitude-type du mesurage de la pression avec l'UUC, $u(p_{UUC})$, est alors donnée par

$$u(p_{UUC}) = \sqrt{u(p_{ind,UUC})^2 + u(p_{offs,UUC})^2 + u(\delta p_{drft,UUC})^2 + u(\delta p_{els,UUC})^2} \quad (9)$$

où

$u(p_{ind,UUC})$ est l'incertitude provenant de la dispersion des valeurs de mesure de l'UUC, y compris la dispersion due à la numérisation, à la dispersion de résolution, etc.;

$u(p_{offs,UUC})$ est l'incertitude des valeurs de décalage de l'UUC au moment du mesurage du décalage (sans la reproductibilité du décalage couvert par la grandeur suivante);

$u(\delta p_{drft,UUC})$ est l'incertitude des valeurs de décalage de l'UUC due à la dérive du décalage ou à d'autres dépendances systématiques, par exemple du fait de la dépendance en vitesse dans le cas des manomètres à rotor;

$u(\delta p_{els,UUC})$ représente les autres éléments d'incertitude, qui peuvent aussi résulter de l'élément à étalonner, comme l'influence de la température.

Lorsque $p_{ind,UUC}$ n'a pas été obtenu à partir d'observations répétées, évaluer $u(p_{ind,UUC})$ en suivant une démarche scientifique basée sur toutes les informations disponibles concernant la variabilité possible (y compris l'élément d'incertitude dû à la numérisation, à la répétabilité, etc.).

Si les dépendances ou valeurs mentionnées ci-dessus ne sont pas connues ou ne peuvent pas être évaluées par le laboratoire d'étalonnage, ou si les spécifications du fabricant ne sont pas disponibles, effectuer au moins deux mesurages répétés, pendant des jours différents. L'élément d'incertitude des valeurs de l'élément à étalonner, $u(p_{ind,UUC})$, est alors déterminé à partir de

$$u(p_{ind,UUC}) = u(p_{rep,UUC}) \quad (10)$$

où $u(p_{rep,UUC})$ est la répétabilité (écart-type) des trois valeurs (au moins) de mesure déterminée pour un point de pression ou sur une plage plus étendue.