
**Qualité de l'air — Évaluation de l'incertitude
d'une méthode de mesurage sur site en
utilisant une seconde méthode comme
référence**

*Air quality — Assessment of uncertainty of a measurement method under
field conditions using a second method as reference*
(standards.iteh.ai)

ISO 13752:1998

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/008be316-11b6-4352-a13f-cc35e098a98b/iso-13752-1998>



Sommaire

1	Domaine d'application.....	1
2	Références normatives.....	1
3	Symboles et abréviations.....	1
4	Principe.....	2
5	Exigences	4
6	Mesurages en parallèle	5
7	Analyse graphique de la dispersion.....	5
8	Estimation des coefficients du modèle de régression.....	6
9	Estimation de l'incertitude de mesurage.....	10

Annexes

	ISO 13752:1998	
	https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/008be316-11b6-4352-a13f-7352a8a491c5/iso-13752-1998	
A	Modèle de feuille de calcul sur tableur permettant de calculer les fonctions de régression et de variance	12
B	Exemple de feuille de calcul sur tableur permettant de calculer les fonctions de régression et de variance	14
C	Bibliographie	16

© 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.

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.

La Norme internationale ISO 13752 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 146, *Qualité de l'air*, sous-comité SC 4, *Aspects généraux*.

Les annexes A, B et C de la présente Norme internationale sont données **uniquement à titre d'information**.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0086c910-11b6-4352-a13f-cc35e098a98b/iso-13752-1998>

Introduction

Les caractéristiques de fonctionnement des méthodes de mesurage de la qualité de l'air sont définies dans l'ISO 6879. Les modes opératoires d'essai correspondants sont donnés dans l'ISO 9169, sauf pour la précision (ou l'exactitude) qui est traitée dans la présente Norme internationale sous la forme de l'incertitude de mesurage conformément aux indications du *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesurage* [5].

L'incertitude de mesurage dans les conditions sur site est également traitée dans l'ISO 7935 et dans l'ISO 10849. Le mode opératoire donné dans ces Normes internationales est cependant limité à la détermination soit d'un écart systématique indépendant de la concentration si la dispersion ne dépend pas de la concentration, soit d'un écart systématique proportionnel à la concentration si la dispersion est proportionnelle à la concentration.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 13752:1998](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/008be316-11b6-4352-a13f-cc35e098a98b/iso-13752-1998)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/008be316-11b6-4352-a13f-cc35e098a98b/iso-13752-1998>

Qualité de l'air — Évaluation de l'incertitude d'une méthode de mesurage sur site en utilisant une seconde méthode comme référence

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode pour évaluer l'incertitude d'une méthode de mesurage étalonnée (méthode d'essai) employée dans les conditions sur site en utilisant une seconde méthode comme référence (méthode de référence). La méthode de référence ne doit pas nécessairement être une méthode prescrite par une loi. L'incertitude de mesurage est dérivée de mesurages en parallèle d'échantillons réels, par la comparaison des valeurs mesurées de la méthode d'essai avec celles de la méthode de référence. Le résultat n'est valable que dans la plage des mesures obtenues. L'essai est destiné particulièrement à la validation des méthodes.

2 Références normatives

ISO 13752:1998

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/008be316-11b6-4352-a13f-cc35e098a98b/iso-13752-1998>

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. 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 la présente Norme internationale 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 6879:1995, *Qualité de l'air — Caractéristiques de fonctionnement et concepts connexes pour les méthodes de mesurage de la qualité de l'air*.

ISO 9169:1994, *Qualité de l'air — Détermination des caractéristiques de fonctionnement des méthodes de mesurage*.

3 Symboles et abréviations de termes

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les symboles et abréviations de termes suivants s'appliquent.

a_0, a_1, a_2	coefficients de la fonction de variance
AQC	caractéristique de la qualité de l'air (habituellement la concentration)
b_0, b_1	coefficients de la fonction de régression linéaire ou de la fonction d'étalonnage
F	fonction statistique F
k	facteur de couverture

L	vraisemblance
ℓ	vraisemblance logarithmique
N, N_1, N_2	nombre de paires (x_i, y_i) et nombre de paires de sous-population 1 et 2 respectivement
$P(y_i)$	probabilité de y_i
r_i	résidu en x_i
s, s_i	écart-type en fonction de AQC et à la valeur x_i de AQC respectivement
s'	transformée de l'écart-type en fonction de AQC
$s_{a_0}, s_{a_1}, s_{a_2}$	écart-type de a_0, a_1 et a_2 respectivement
s_{b_0}, s_{b_1}	écart-type de b_0 et b_1 respectivement
s_x, s_y	écart-type de toutes les valeurs x_i et y_i respectivement
$s_{y_{cor}}$	écart-type des valeurs y mesurées après correction de l'erreur systématique (biais)
$s_{\Delta y}$	écart-type (incertitude) de l'erreur systématique (biais)
U	incertitude élargie (facteur de couverture $k = 2$) comme mesure de l'incertitude de mesurage
X	variable de la méthode des x
x, x_i	valeur de AQC et $i^{\text{ème}}$ valeur de AQC respectivement
x'_i	transformée de la valeur x_i
$\bar{x}, \bar{x}_w, \bar{y}$	moyenne et moyenne pondérée de toutes les valeurs x_i et moyenne de toutes les valeurs y_i respectivement
Y	variable de la méthode des y
y_i	valeur mesurée de la méthode des y à x_i ou valeur de sortie de la méthode des y à x_i
y'_i	transformée de la valeur y_i
$\hat{y}$	valeur estimée de Y à la valeur x de AQC
$\hat{y}_i$	valeur estimée de Y à la valeur x_i de AQC
y_{cor}	valeur mesurée de la méthode des y après correction de l'erreur systématique (biais)
Δy	erreur systématique (biais) à la valeur x de AQC
ε	nombre aléatoire de la loi normale de valeur centrale 0 et d'écart-type 1
ω_i	facteur de pondération à x_i

4 Principe

Un nombre N de paires de valeurs mesurées $[(x_1, y_1), \dots, (x_N, y_N)]$ sont obtenues à partir de mesurages parallèles sur site. Les valeurs mesurées par la méthode de référence (méthode des x) sont considérées comme des valeurs vraies. La différence entre les valeurs d'une paire de mesures est attribuée à l'écart de mesurage de la méthode d'essai (méthode des y).

On suppose une relation linéaire entre les variables X et Y estimée à l'aide de l'équation:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x \quad \dots(1)$$

- 1 Les coefficients de régression b_0 et b_1 peuvent être calculés de manière arithmétique si l'une des hypothèses suivantes sur la dispersion des valeurs de y est vérifiée:

— l'écart-type de la méthode d'essai est indépendant de x (c'est-à-dire l'écart-type est constant) et estimé par:

$$s^2 = a_0^2 \quad \text{ou} \quad s = a_0 \quad \dots(2)$$

— l'écart-type de la méthode d'essai est proportionnel à x (c'est-à-dire le coefficient de variation est constant) et estimé par:

$$s^2 = a_2^2 x^2 \quad \text{ou} \quad s = a_2 x \quad \dots(3)$$

NOTES

1 La première hypothèse peut être considérée comme étant le résultat de fluctuations du bruit de fond ou de l'ordonnée à l'origine b_0 sans fluctuation de la pente b_1 , et la seconde comme le résultat de fluctuations de la pente sans fluctuation du bruit de fond ou de l'ordonnée à l'origine.

2 La valeur des coefficients de la fonction de régression (estimation de l'erreur systématique) n'est pas gravement affectée par les écarts par rapport à l'hypothèse d'écart-type. La part aléatoire estimée de l'incertitude de mesurage dépend toutefois fortement de cette hypothèse.

La fonction générale de la variance utilisée dans la présente Norme internationale ne tient pas seulement compte de la variabilité de l'ordonnée à l'origine et de la pente, mais également du bruit statistique dont l'écart-type est proportionnel à la racine carrée de la valeur elle-même (approximativement proportionnel à la racine carrée de x):

$$s^2 = a_0^2 + a_1^2 x + a_2^2 x^2 \quad \dots(4)$$

NOTES

3 Les coefficients ont été considérés au carré car c'est le coefficient plutôt que son carré qui reflète la signification physique.

4 Il n'est pas possible d'utiliser le modèle opératoire de calcul de la fonction générale de la variance donnée dans l'ISO 9169 car on ne dispose pas de mesurages répétitifs.

Les coefficients de ce modèle [b_0 et b_1 de l'équation (1) et a_0 , a_1 et a_2 de l'équation (4)] ne peuvent pas être calculés par voie arithmétique. Ils sont estimés de façon itérative sur le critère de la vraisemblance maximale comme indicateur du meilleur ajustement (voir figure 1). Après sélection d'un ensemble de valeurs de départ des coefficients et dans l'hypothèse d'une normalité, on peut calculer la probabilité, $P(y_i)$, de chaque point de donnée, (x_i, y_i) , appartenant à la courbe:

$$P(y_i) = \frac{1}{s_i \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{2s_i^2}} \quad \dots(5)$$

La vraisemblance L est le produit mathématique des probabilités individuelles des valeurs y :

$$L = \prod_{i=1}^N \frac{1}{s_i \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{2s_i^2}} \quad \dots(6)$$

La vraisemblance L est un indicateur de l'ajustement. Après modification des coefficients, on calcule la vraisemblance jusqu'à ce qu'on obtienne une valeur maximale de L . Les coefficients correspondants sont les coefficients les plus vraisemblables du modèle de régression. Pour déterminer la vraisemblance maximale, il est nécessaire de recourir à un programme d'optimisation informatique.

On dérive l'incertitude de la valeur mesurée d'une AQC quelconque respectivement à partir de la fonction de régression et de la fonction de variance.

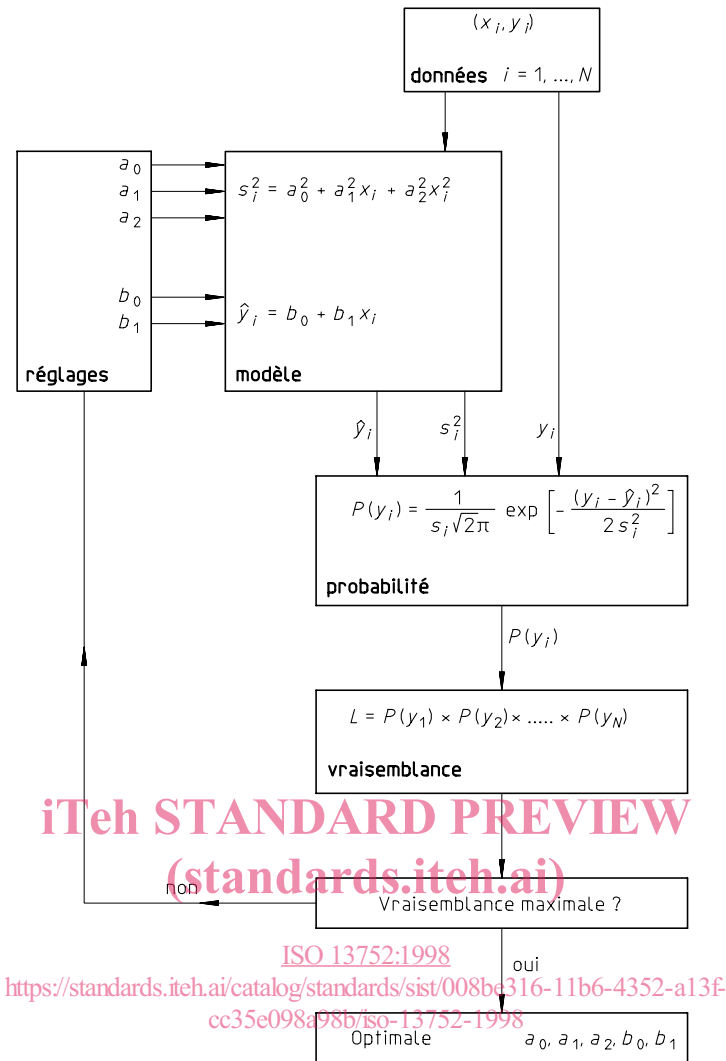


Figure 1 — Schéma de principe de régression de la vraisemblance maximale

5.1 Généralités

La méthode décrite dans la présente Norme internationale prescrit que:

- une relation linéaire existe entre les variables comparées; si la relation est différente mais mathématiquement connue, la procédure peut être adaptée;
- les erreurs de mesure de la méthode d'essai suivent une loi normale;
- l'incertitude de mesurage de la méthode de référence n'est pas significative comparée à celle de la méthode d'essai; si tel n'est pas le cas, elle sera attribuée faussement à la méthode d'essai, ce qui aboutira à une surestimation;
- l'impact des différences de composition entre l'air échantillonné par les deux méthodes est négligeable par rapport à la précision espérée de la méthode d'essai; si tel n'est pas le cas, cette composante de l'erreur sera attribuée faussement à la méthode d'essai, ce qui aboutira à une surestimation de l'incertitude de mesurage.

L'incertitude des coefficients calculés dans la présente Norme internationale sera réduite si l'on augmente le nombre de paires de mesures. Il est donc recommandé d'obtenir au moins 30 paires de mesures si l'on applique le modèle général de variance décrit dans la présente Norme internationale.

5.2 Méthode d'essai (méthode des y)

Spécifier toutes les étapes de la méthode de mesurage qui seront soumises à évaluation et réaliser les mesurages de la manière spécifiée.

5.3 Méthode de référence (méthode des x)

Compte tenu des dispositions et des conditions environnementales (par exemple substances perturbatrices, température, etc.) susceptibles d'être rencontrées sur le site d'essai, vérifier que l'hypothèse selon laquelle la méthode des x montre des écarts négligeables par rapport à la méthode des y est justifiée. Ces études peuvent reposer sur les propriétés du principe de mesurage, les données bibliographiques ou les résultats d'essais en laboratoire ou sur site.

Décrire la méthode des x en détail et réaliser les mesurages en conséquence.

5.4 Conditions d'essai

Vérifier que les conditions d'essai ressemblent aux conditions dans lesquelles la méthode d'essai doit être utilisée (période d'essai, plage de la caractéristique de qualité de l'air, plage des variables d'influence physiques et chimiques et conditions de fonctionnement). Décrire les dispositions et les conditions environnementales sur site.

Il convient, pour les deux méthodes, d'installer l'appareillage d'essai de telle sorte que

- la différence de composition entre échantillons parallèles ne soit pas significative;
- les équipements n'aient pas d'effet les uns sur les autres.

5.5 Traitement des données

Avec le modèle général de variance, le traitement des données requiert un matériel informatique permettant de trouver l'ajustement optimal (vraisemblance) en jouant sur les valeurs de a_0 , a_1 , a_2 , b_0 et b_1 .

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/008be316-11b6-4352-a13f-cc35e098a98b/iso-13752-1998>

6 Mesurages en parallèle

Effectuer les mesurages en parallèle dans des conditions représentatives des conditions d'utilisation de la méthode d'essai. Enregistrer les paires de valeurs mesurées.

7 Analyse graphique de la dispersion

La dispersion des valeurs mesurées est soit constante, soit augmente avec la valeur AQC. Il est possible d'obtenir facilement une idée de la variance en fonction de la valeur AQC sous forme graphique en traçant, pour toutes les paires de données (x_i, y_i) , la courbe des résidus absolus $|r_i|$ en fonction de x_i , où $r_i = y_i - \hat{y}_i$ et $\hat{y}_i$ est la valeur prévue après ajustement conventionnel linéaire des moindres carrés:

- si les valeurs des résidus sont indépendantes de x_i , aller en 8.2;
- si les valeurs des résidus sont proportionnelles à x_i , aller en 8.3;
- si les valeurs des résidus ne sont ni indépendantes de x_i , ni proportionnelles à cette valeur, aller en 8.4.

Dans le cas où la première ou la deuxième relation ne s'applique qu'à une partie de la plage, il convient de réduire cette dernière de manière correspondante. Les coefficients de la fonction de régression et de la fonction de variance de 8.2 et 8.3 peuvent se calculer de façon arithmétique (modèle de variance simple). Ceux de 8.4 demandent des calculs itératifs qui ne sont possibles qu'avec un ordinateur (modèle de variance général).

Les paragraphes 8.2 et 8.3 spécifient des modes opératoires permettant de vérifier la justesse de l'hypothèse faite sur le modèle de variance.

8 Estimation des coefficients du modèle de régression

8.1 Généralités

La relation linéaire hypothétique entre les variables X et Y est estimée par régression linéaire:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x \quad \dots(7)$$

Si la dispersion autour de la droite de régression est indépendante de la valeur de AQC, le paragraphe 8.2 s'applique:

$$s^2 = a_0^2 \quad \dots(8)$$

Si la dispersion autour de la droite de régression est proportionnelle à la valeur de AQC, le paragraphe 8.3 s'applique:

$$s^2 = a_2^2 x^2 \quad \dots(9)$$

En règle générale, si la dispersion autour de la droite de régression est une fonction monotone de la valeur de AQC, le paragraphe 8.4 s'applique:

$$s^2 = a_0^2 + a_1^2 x + a_2^2 x^2 \quad \dots(10)$$

Adopter l'un des modèles de variance indiqués dans le présent chapitre.

8.2 Constante de l'écart-type

Calculer le coefficient de la fonction de régression linéaire:

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/008be316-11b6-4352-a13f-cc35e098a98b/iso-13752-1998>

$$b_1 = \frac{\sum_i x_i y_i - \frac{\sum_i x_i \sum_i y_i}{N}}{\sum_i x_i^2 - \frac{\left(\sum_i x_i\right)^2}{N}} \quad \dots(11)$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x} \quad \dots(12)$$

Vérifier si l'hypothèse d'une variance constante se vérifie:

- prendre N_1 paires de mesures dans la partie supérieure de la plage de mesurage et N_2 paires dans la partie inférieure avec $N_1 = N_2 = N/3$;
- ne pas utiliser le milieu de la plage;
- calculer la fonction statistique F :

$$F = \frac{\left(\sum_{i=1}^{N_1} (y_i - \hat{y}_i)^2\right) / (N_1 - 1)}{\left(\sum_{j=1}^{N_2} (y_j - \hat{y}_j)^2\right) / (N_2 - 1)} \quad \dots(13)$$

- si F n'est pas supérieure à la valeur tabulée $F_{N_1-1, N_2-1, 1-\alpha}$ de la loi de F pour le test unilatéral du niveau de signification $\alpha = 0,05$ à retenir comme valeur critique, la variance est supposée constante;
- si F est supérieure à la valeur tabulée F , poursuivre en 8.3 ou 8.4.

Calculer la fonction de variance:

$$s^2 = a_0^2 = \frac{\sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2}{N - 2} \quad \dots(14)$$

Calculer l'écart-type des coefficients b_0 et b_1 :

$$s_{b_0} = s_{b_1} \sqrt{\frac{\sum_i x_i^2}{N}} \quad \dots(15)$$

$$s_{b_1} = \frac{s}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}} \quad \dots(16)$$

8.3 Constante du coefficient de variation

Transformer l'ensemble initial de données (x_i, y_i) , en un nouvel ensemble, (x'_i, y'_i) , de façon à obtenir une relation linéaire de variance constante:

$$y'_i = \frac{y_i}{x_i} \quad \dots(17)$$

$$x'_i = \frac{1}{x_i} \quad \dots(18)$$

Calculer le coefficient de la fonction de régression linéaire:

$$b'_1 = \frac{\sum_i x'_i y'_i - \frac{\sum_i x'_i \sum_i y'_i}{N}}{\sum_i (x'_i)^2 - \frac{\left(\sum_i x'_i\right)^2}{N}} \quad \dots(19)$$

$$b'_0 = \bar{y}' - b'_1 \bar{x}' \quad \dots(20)$$

Vérifier si l'hypothèse de variance constante des variables transformées se vérifie:

- prendre N_1 paires de mesures dans la partie supérieure de la plage de mesurage et N_2 paires dans la partie inférieure avec $N_1 = N_2 = N/3$;
- ne pas utiliser le milieu de la plage;
- calculer la fonction statistique F :