
**Technologie du combustible nucléaire —
Étalonnage et détermination du volume
de cuve pour la comptabilité des matières
nucléaires —**

**Partie 3:
Méthodes statistiques**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)
*Nuclear fuel technology — Tank calibration and volume determination
for nuclear materials accountancy —*

Part 3: Statistical methods

ISO 18213-3:2009

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/358a72cb-ee19-48e5-a24e-21535905a5a9/iso-18213-3-2009>



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 18213-3:2009](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/358a72cb-ee19-48e5-a24e-21535905a5a9/iso-18213-3-2009)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/358a72cb-ee19-48e5-a24e-21535905a5a9/iso-18213-3-2009>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2009

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	2
3 Symboles	2
4 Données requises	7
5 Courbes diagnostiques	8
5.1 Vue d'ensemble	8
5.2 Données d'étalonnage	8
5.3 Données de référence	12
6 Estimation de l'incertitude pour les données d'étalonnage	13
6.1 Réponse du système de mesure (hauteur)	13
6.2 Mesures de la capacité de la cuve (volume, masse)	15
7 Estimation de l'équation de mesure et des incertitudes associées	15
7.1 Préambule	15
7.2 Modèle de mesure	16
7.3 Estimation des paramètres de modèle	21
7.4 Déterminations du volume et estimations des variances	24
7.5 Régions de confiance et intervalles de prédiction	25
8 Estimations de l'incertitude pour les déterminations de volume	30
8.1 Aperçu	30
8.2 Volumes contenus	30
8.3 Volumes transférés	34
Annexe A (informative) Exemples de courbes diagnostiques	35
Annexe B (informative) Formule de Welch-Satterthwaite pour le calcul des degrés de liberté	44
Annexe C (informative) Limites d'incertitude cibles pour les mesures associées à l'étalonnage et à la détermination du volume de la cuve	45
Bibliographie	51

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 18213-3 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 85, *Énergie nucléaire*, sous-comité SC 5, *Technologie du combustible nucléaire*. (standards.iteh.ai)

L'ISO 18213 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Technologie du combustible nucléaire — Étalonnage et détermination du volume de cuve pour la comptabilité des matières nucléaires*:

- *Partie 1: Aperçu général de la procédure*
- *Partie 2: Normalisation des données pour l'étalonnage de cuve*
- *Partie 3: Méthodes statistiques*
- *Partie 4: Détermination précise de la hauteur de liquide dans une cuve bilan équipée de cannes de bullage, bullage lent*
- *Partie 5: Détermination précise de la hauteur de liquide dans une cuve bilan équipée de cannes de bullage, bullage rapide*
- *Partie 6: Détermination précise de la masse volumique d'un liquide dans une cuve bilan équipée de cannes de bullage*

Introduction

La présente partie de l'ISO 18213 décrit les procédures statistiques relatives au traitement des données d'étalonnage et de mesure du volume des cuves de comptabilité des matières nucléaires. Elle constitue une partie d'une Norme internationale en six parties qui porte sur l'acquisition, l'analyse, la normalisation et l'exploitation des données d'étalonnage permettant de déterminer les volumes de liquide dans les cuves de procédé pour des besoins de comptabilité, et est destinée à être utilisée conjointement avec les autres parties de l'ISO 18213, qui sont l'ISO 18213-1 (aperçu général de la procédure), l'ISO 18213-2 (normalisation des données), l'ISO 18213-4 (bullage lent), l'ISO 18213-5 (bullage rapide) et l'ISO 18213-6 (détermination de la masse volumique d'un liquide dans une cuve).

Pour les personnes qui ne disposent pas d'une solide formation en statistique, les méthodes de l'ISO 18213-3 peuvent sembler inutilement complexes. Cependant, dans le contexte du modèle de normalisation des données abordé dans les autres parties de l'ISO 18213, la description des méthodes statistiques dans le présent document se veut le plus simple possible. L'acquisition et la normalisation des données vont de pair avec l'analyse statistique. Pour respecter les limites d'incertitude cibles établies aux fins de la comptabilité, il est nécessaire que le modèle de normalisation des données soit cohérent avec la capacité de mesure (des instruments) et, de même, que le modèle d'erreur statistique soit compatible avec le modèle de normalisation des données. L'utilisation d'un modèle de normalisation de donnée sophistiqué n'a pas de sens si les instruments de mesure dont on dispose sont rudimentaires. À l'inverse, des instruments de mesure précis et sophistiqués ne sont pas mis à profit si le modèle de normalisation des données utilisé, dans l'analyse consécutive, est rudimentaire. L'emploi d'un instrument de mesure très perfectionné, par exemple, n'améliore pas les résultats si le modèle de normalisation des données ne tient pas suffisamment compte des effets dus aux variations de température.

De la même façon, il est inutile d'avoir recours à un modèle statistique sophistiqué si les mesurages effectués sont grossiers ou si le modèle de normalisation des données utilisé est sommaire. Inversement si le modèle statistique utilisé est trop simple ou s'il n'est pas cohérent avec le modèle de normalisation des données sur lequel il repose, les résultats obtenus seront médiocres malgré la qualité de l'instrumentation et du modèle de normalisation des données. En raison de l'importance des déterminations du volume dans le programme général de comptabilité, une installation affectée, en général, des ressources significatives à l'instrumentation destinée à l'étalonnage et à la détermination du volume de la cuve. Cependant, une capacité de mesure sophistiquée et à la pointe de la technique ne suffit pas, en soi, au respect des limites d'incertitude cibles. Des ressources sont également nécessaires pour l'élaboration d'un modèle de normalisation des données et des méthodes statistiques d'une qualité comparable à celle de la capacité de mesure de l'installation. Ces ressources sont habituellement beaucoup plus faibles que celles affectées à l'instrumentation, bien qu'elles soient tout aussi importantes. Dans tous les cas, les ressources doivent permettre de recruter une personne suffisamment formée pour orienter l'élaboration et l'application de méthodes de calcul et de méthodes statistiques aussi sophistiquées que les mesures en question.

Les méthodes statistiques décrites dans la présente partie de l'ISO 18213 sont étroitement liées à la méthodologie de normalisation des données complète et innovante décrite dans les autres parties de l'ISO 18213. Par conséquent, elles sont conçues pour être applicables à une grande diversité de systèmes de mesure et de conditions opératoires. Comme indiqué dans l'introduction de l'ISO 18213-1, il n'est pas toujours nécessaire, voire possible, que l'opérateur établisse un modèle complet qui puisse s'appliquer à toutes les cuves d'une installation donnée. Dans ces conditions, les méthodes décrites dans le présent document fournissent un cadre permettant d'élaborer un modèle d'étalonnage à la fois «simplifié», comprenant des estimations de l'incertitude adaptées, et cohérent avec le modèle de normalisation «simplifié» établi pour une cuve spécifique.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 18213-3:2009

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/358a72cb-ee19-48e5-a24e-21535905a5a9/iso-18213-3-2009>

Technologie du combustible nucléaire — Étalonnage et détermination du volume de cuve pour la comptabilité des matières nucléaires —

Partie 3: Méthodes statistiques

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 18213 décrit les procédures statistiques applicables au traitement des données d'étalonnage et de mesure du volume des cuves de comptabilité des matières nucléaires. En particulier, elle présente

- a) plusieurs courbes diagnostiques permettant l'évaluation et la comparaison des données d'étalonnage de la cuve,
- b) une procédure d'estimation de l'incertitude de mesure lors de l'étalonnage de la cuve (c'est-à-dire déterminations de la hauteur et du volume),
- c) un modèle d'estimation d'une équation d'étalonnage ou de mesure d'une cuve (l'inverse de l'équation d'étalonnage), y compris les incertitudes s'y rapportant, à partir d'un ensemble de données d'étalonnage normalisées (c'est-à-dire à partir d'une série de déterminations de hauteur et de volume normalisées), et
- d) une méthode de calcul des estimations d'incertitude pour les déterminations du volume de liquide.

Les méthodes décrites dans la présente partie de l'ISO 18213 sont censées être utilisées dans le cadre des autres parties de l'ISO 18213. En particulier, les méthodes présentées ici sont adaptées à la méthodologie générale décrite dans l'ISO 18213-1 et aux algorithmes appropriés spécifiés dans l'ISO 18213-2, l'ISO 18213-4, l'ISO 18213-5 ou l'ISO 18213-6. Bien que la méthodologie décrite dans la présente partie de l'ISO 18213 s'applique de façon spécifique au contexte de l'ISO 18213, pour l'essentiel, son domaine d'application est plus étendu. En particulier, le modèle statistique présenté dans l'Article 6 pour l'estimation de l'équation de mesure de la cuve à partir d'un ensemble de données d'étalonnage est applicable, que ces données aient été acquises conformément aux méthodes de l'ISO 18213 ou non. Il en va de même pour les méthodes (de propagation) permettant d'estimer la variance: les résultats indiqués dans la présente partie de l'ISO 18213 sont spécifiques des modèles en question, mais le champ d'application des méthodes utilisées pour l'obtention de ces résultats est plus étendu.

La présente partie de l'ISO 18213 permet à tout site de développer en option des méthodes d'analyse statistique équivalentes, spécifiques de l'installation ou de la cuve. Toutefois, un site qui opte pour l'ISO 18213 et décide de ne pas développer des méthodes d'analyses statistiques alternatives se doit d'utiliser les méthodes de la présente partie de l'ISO 18213.

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 18213-1:2007, *Technologie du combustible nucléaire — Étalonnage et détermination du volume de cuve pour la comptabilité des matières nucléaires — Partie 1: Aperçu général de la procédure*

ISO 18213-4:2008, *Technologie du combustible nucléaire — Étalonnage et détermination du volume de cuve pour la comptabilité des matières nucléaires — Partie 4: Détermination précise de la hauteur de liquide dans une cuve bilan équipée de cannes de bullage, bullage lent*

ISO 18213-5:2008, *Technologie du combustible nucléaire — Étalonnage et détermination du volume de cuve pour la comptabilité des matières nucléaires — Partie 5: Détermination précise de la hauteur de liquide dans une cuve bilan équipée de cannes de bullage, bullage rapide*

ISO 18213-6:2008, *Technologie du combustible nucléaire — Étalonnage et détermination du volume de cuve pour la comptabilité des matières nucléaires — Partie 6: Détermination précise de la masse volumique d'un liquide dans une cuve bilan équipée de cannes de bullage*

3 Symboles

Les symboles utilisés dans la présente partie de l'ISO 18213 sont définis ci-dessous. Les symboles sont énumérés dans la première colonne du tableau, en principe par ordre d'apparition dans le texte (quelques symboles sont introduits sous forme de groupe lorsqu'ils sont liés à une équation spécifique.) Les symboles d'un tel groupe peuvent être ordonnés différemment dans le texte afin de faciliter la lecture du tableau. La première référence de chaque symbole est indiquée dans la ligne correspondante de la deuxième colonne. La définition ou l'usage de chaque symbole sont présentés dans la troisième colonne.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/358a72cb-ee19-48e5-a24e-21535905a5a9/iso-18213-3-2009>

Symbole	Première Référence	Définition/usage
Y	5.2.1	variable de réponse (soit hauteur ou volume, hauteur par convention)
X	5.2.1	variable de contrôle (soit volume ou hauteur, volume par convention)
i	5.2.2	indice inférieur dénotant le nombre d'incrément d'étalonnage ou le nombre d'observations
Y_i	5.2.2	élévation standard d'un point de la cuve au-dessus d'un point de référence préétabli, généralement associé avec le volume standard déterminé par l'ajout de liquide pendant les premiers incréments i de la procédure d'étalonnage
X_i	5.2.2	volume normalisé de la cuve déterminé par le volume total de liquide ajouté pendant les premiers incréments de normalisation i , c'est-à-dire le volume normalisé de la cuve au-dessous de Y_i
j	5.2.2	indice inférieur
x_j	5.2.2	volume normalisé du j -ième incrément de liquide d'étalonnage
(X_i, Y_i)	5.2.2	couple de données volume-hauteur normalisé pour un i -ème incrément d'étalonnage
f ou $f(\dots)$	5.2.2	fonction générique, l'équation d'étalonnage par convention

$\hat{Y} = \alpha + \beta X + \varepsilon$	5.2.3	équation exprimant la hauteur comme fonction linéaire du volume
α, β	5.2.3	paramètres d'équation
ε	5.2.3	résiduel (hauteur), la différence entre la valeur observée de la variable de réponse (Y) et la valeur attendue correspondante ($\alpha + \beta X$), $Y - \alpha - \beta X$
a, b	5.2.3	estimations de α, β
\hat{Y}	5.2.3	réponse attendue (hauteur par convention), dérivée de quelques relations fonctionnelles entre la hauteur et le volume, $\hat{Y} = a + bX$
$Y_i - a - bX_i$	5.2.3	résiduel estimé, la différence estimée entre les variables observées et les valeurs estimées de la variable de réponse pour le i -ième incrément d'étalonnage, $Y_i - \hat{Y}_i$
$Y = f(X)$	5.2.3	équation de calibration de la cuve
Δ	5.2.4	opérateur différentiel
ΔY	5.2.4	variation (différence) de la variable de réponse (hauteur), généralement entre deux incréments d'étalonnage
ΔX	5.2.4	variation (différence) de la variable de contrôle (volume), généralement entre deux incréments d'étalonnage
m_i	5.2.4	pende calculée (variation en hauteur par unité de variation en volume) de l'équation d'étalonnage pour le i -ième incrément, $\Delta Y_i / \Delta X_i$
f_1, f_2	5.2.5.1	fonction générique, généralement utilisée pour dénoter les équations d'étalonnage ou les membres de celles-ci
\hat{f}	5.2.5.2	estimation de la fonction f , l'équation d'étalonnage par convention
T_i	5.3.1	température, soit de la cuve soit des cannes de bullage, pour le i -ième incrément de liquide de calibration
t_i	5.3.2	temps associé avec le i -ième incrément d'étalonnage, c'est-à-dire le temps de départ de l'incrément
Δt_i	5.3.2	temps nécessaire pour l'accomplissement du i -ième incrément d'étalonnage, $t_i - t_{i-1}$
T_m	6.1, Éq. (6)	température mesurée du liquide de la cuve
T_r	6.1, Éq. (6)	température de référence établie pour l'étalonnage
H_M	6.1, Éq. (6)	élévation d'un point de la cuve à la température mesurée T_m
H_r	6.1, Éq. (6)	élévation d'un point de la cuve à la température de référence T_r
ΔP	6.1, Éq. (6)	différence de pression relevée entre la canne de bullage immergée et la canne de bullage de référence
c_M	6.1, Éq. (6)	«corrections» compensant la différence entre la pression relevée au manomètre et la pression réelle à l'extrémité de la canne submergée

ρ_M	6.1, Éq. (6)	masse volumique moyenne du liquide dans la cuve à la température mesurée T_m
$\rho_{a,s}$	6.1, Éq. (6)	masse volumique moyenne de l'air dans la cuve au-dessus de la surface du liquide à la pression régnante
g	6.1, Éq. (6)	valeur locale de l'accélération due à la pesanteur
α_{ex}	6.1, Éq. (6)	coefficient de dilatation thermique des cannes de bullage
ΔT_m	6.1, Éq. (6)	différence entre la température mesurée et la température de référence, $T_m - T_r$
var(...)	6.1	variance opérateur, c'est-à-dire: var (H_r) dénote la variance de H_r et var (ΔP) dénote la variance de ΔP , etc.
\hat{f}^{-1}	6.1	estimation de f^{-1}
f^{-1}	7.1	inverse de f , la fonction de mesure par convention
$H = f(V)$	7.1	expression générique pour l'équation d'étalonnage
$V = f^{-1}(H)$	7.1	expression générique pour l'équation de mesure
h ou $h(...)$	7.2.1, Éq. (10)	fonction générique, f^{-1} par convention
ε	7.2.1, Éq. (10)	résiduel, la différence entre la valeur observée de la variable de réponse (Y) et la valeur attendue correspondante $h(X)$, $Y - h(X)$
ε_i	7.2.1	différence résiduelle entre la valeur observée de la variable de réponse (Y_i) et la valeur correspondante attendue $h(X_i)$ pour le i -ième incrément d'étalonnage, $Y_i - h(X_i)$
\hat{h}	7.2.1	estimation de h , généralement $\hat{h} = \hat{f}^{-1}$
s	7.2.1, Éq. (11)	indice inférieur
c_s	7.2.1, Éq. (11)	«point d'intersection» point dans la gamme (hauteur) de l'équation d'étalonnage
S	7.2.1, Éq. (11)	nombre de segments (intervalles) dans lesquels la gamme de l'équation de mesure est divisée par les «points d'intersection»
c_0	7.2.1, Éq. (11)	limite gauche du premier segment, généralement 0
c_S	7.2.1, Éq. (11)	limite droite du plus large segment, généralement la plus grande valeur de la variable de contrôle, c'est-à-dire $c_S = X_{\max}$
h_s	7.2.1, Éq. (12)	fonction définie sur l'intervalle (c_{s-1}, c_s) , c'est-à-dire la fonction définie pour les valeurs comprises entre c_{s-1} et c_s , où s varie de 1 à S
β_i	7.2.1	paramètres de modèle (β_0 dénote l'intersection)
n	7.2.1, Éq. (16)	nombre total d'observations, c'est-à-dire nombre total de couples de données hauteur-volume (X_i, Y_i)
$p + 1$	7.2.1, Éq. (16)	nombre de paramètres dans le modèle spécifié

Y	7.2.1, Éq. (16)	$n \times 1$ vecteur d'observations (variable de réponse)
H	7.2.1, Éq. (16)	$n \times (p + 1)$ définition de la matrice
β	7.2.1, Éq. (16)	$(p + 1) \times 1$ vecteur de paramètres du modèle
ε	7.2.1, Éq. (16)	$n \times 1$ vecteur de différence résiduelle, c'est-à-dire $n \times 1$ vecteur d'erreurs ajustées
$\sigma(\sigma^2)$	7.2.1	écart-type (variance) des composantes de ε
h_1, h_2, h_3	7.2.1	fonctions génériques
θ	7.2.2	$(p + 1) \times 1$ vecteur de perturbation par rapport au vecteur de paramètres du modèle β
θ_j	7.2.2	$(p + 1) \times 1$ vecteur de perturbation par rapport au vecteur de paramètres du modèle β attribuable à la j -ième séquence
$\theta_{j,k}$	7.2.2	k -ième composante de θ_j
β_j	7.2.2	$(p + 1) \times 1$ vecteur des paramètres du modèle pour la j -ième séquence, $\beta_j = \beta + \theta_j$
$\beta_{j,k}$	7.2.2	k -ième composante de β_j
E(...)	7.2.2	estimation opérateur
θ'	7.2.2, Éq. (18)	transposée du vecteur θ
Φ^2	7.2.2, Éq. (18)	matrice de variance covariance (les composantes de) θ
$(X_{j,i}, Y_{j,i})$	7.2.2	i -ième couple de données normalisées hauteur volume pour la j -ième séquence d'étalonnage
n_j	7.2.2, Éq. (19)	nombre total d'observations, c'est-à-dire nombre total de couples de données hauteur-volume $(X_{j,i}, Y_{j,i})$, la j -ième séquence d'étalonnage
Y_j	7.2.2, Éq. (19)	$n_j \times 1$ vecteur d'observations (variable réponse) de la j -ième séquence d'étalonnage
H_j	7.2.2, Éq. (19)	$n_j \times (p + 1)$ matrice de conception pour la j -ième séquence d'étalonnage
ε_j	7.2.2, Éq. (19)	$n_j \times 1$ vecteur de différences résiduelles (erreurs ajustées) pour la j -ième séquence d'étalonnage
r	7.2.2, Éq. (19)	nombre de séquences d'étalonnage
H'_j	7.2.2, Éq. (21)	transposée de la matrice H_j
$\sigma_j(\sigma_j^2)$	7.2.2, Éq. (21)	écart-type (variance) des éléments de ε_j
I	7.2.2, Éq. (21)	$n_j \times n_j$ matrice identifiée
$Y_{j,i}$	7.2.2, Éq. (22)	i -ième composante du vecteur Y_j
$h'_{j,i}$	7.2.2, Éq. (22)	i -ième ligne de la matrice de conception H_j

$\hat{\beta}_j, \hat{\epsilon}_j^2, \hat{\sigma}_j^2$, etc.	7.3.2	estimateurs respectifs de $\beta_j, \epsilon_j^2, \sigma_j^2$, etc.
$\epsilon_{j,i}$	7.3.2	i -ième élément de ϵ_j
\hat{h}_j	7.3.2, Éq. (26)	équation de mesure estimée des données de la j -ième séquence d'étalonnage
$\hat{\beta}$	7.3.3.1	estimateur de β
X_0	7.3.3.2	une valeur spécifique (non observée) de la variable de contrôle (volume par convention)
Y_0	7.3.3.2	valeurs de la variable de réponse (hauteur) à X_0
\mathbf{h}'_0	7.3.3.2	lignes de la matrice de conception \mathbf{H} correspondant à X_0
\hat{Y}_0	7.3.3.2	(moyenne) valeur attendue de la variable de réponse Y_0 à X_0 , $\mathbf{h}'_0 \hat{\beta}$
$\hat{\Phi}^2, \hat{\theta}_j$	7.3.3.3	estimateurs respectifs de Φ^2 et θ_j
$\hat{\mathbf{var}}(\dots)$	7.3.3.3	variance estimée, c'est-à-dire: $\hat{\mathbf{var}}(\hat{\beta})$ dénote la variance estimée de $\hat{\beta}$, etc.
$\hat{\sigma}^2$	7.3.3.4	estimateur de σ^2
$\hat{\epsilon}_j$	7.3.3.4	estimateur de ϵ_j
$\hat{\epsilon}_{j,i}$	7.3.3.4	le i -ième composante de ϵ_j , estimation du i -ième composante de ϵ_j
n	7.3.3.4	le nombre total d'observations pour toutes les séquences $\sum_j n_j$
ϵ_0	7.4, Éq. (37)	erreur escomptée d'une nouvelle (future) valeur de Y_0 , $\epsilon_0 = Y_0 - h(X_0) = Y_0 - \mathbf{h}'_0 (\beta + \theta)$
\hat{Y}_0	7.4	valeur estimée (attendue) de Y_0
α	7.5.2.1, Éq. (40)	intervalle de confiance spécifié (généralement 0,025 ou 0,05)
$\hat{\sigma}_0(\hat{\sigma}_0^2)$	7.5.2.1, Éq. (40)	écart-type estimé (variance) de \hat{Y}_0 , donné par l'Équation (35)
ν	7.5.2.1, Éq. (40)	degré de liberté (approximation) pour l'estimation de variance $\hat{\sigma}_0^2$
$t_{\alpha/2}(\nu)$	7.5.2.1, Éq. (40)	point 100(1 - $\alpha/2$) % de la distribution t avec le paramètre ν (degré de liberté)
S_1^2, S_2^2	7.5.2.1	grandeurs utilisées pour calculer le degré de liberté, ν
ν_1, ν_2	7.5.2.1	composante degré de liberté
V, W	7.5.2.1	grandeurs utilisées pour calculer le degré de liberté, ν
X	7.5.2.2	une valeur arbitraire non spécifiée de la variable de contrôle (volume)
\hat{Y}_X	7.5.2.2	valeur escomptée (moyenne) de la variable de réponse (hauteur) à X , $\mathbf{h}'_X \hat{\beta}$
\mathbf{h}'_X	7.5.2.2	ligne de la matrice de conception \mathbf{H} correspondant à X
$\hat{\sigma}_X(\hat{\sigma}_X^2)$	7.5.2.2	écart-type estimé (variance) de \hat{Y}_X

iTeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 18213-3:2009
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/358a72cb-ee19-48e5-a24e-21535905-5a9/iso-18213-3-2009>

ν	7.5.2.2	degrés de liberté (approximatif) pour l'estimation de la variance $\hat{\sigma}_X^2$
$F_{\alpha}(p + 1, \nu)$	7.5.2.2	point 100(1 - α) % de la distribution F avec les paramètres ($p + 1$) et ν
$\hat{\beta}_{\text{new}}$	7.5.2.3	estimateur de β calculé à partir des données d'une nouvelle séquence d'étalonnage
$\hat{Y}_{X,\text{new}}$	7.5.2.3	valeur escomptée (moyenne) de la variable de réponse (hauteur) à X obtenue à partir de la nouvelle équation d'étalonnage, $\mathbf{h}'_X \hat{\beta}_{\text{new}}$
$\hat{\sigma}_{X,\text{new}}(\hat{\sigma}_{X,\text{new}}^2)$	7.5.2.3	écart-type estimé (variance) de $\hat{Y}_{X,\text{new}}$
ν_1, ν_2	7.5.2.3	degrés de liberté (approximatif) pour les composantes de l'estimation de la variance $\hat{\sigma}_X^2$
$\hat{\sigma}_X(\hat{\sigma}_X^2)$	7.5.3.2	écart-type estimé (variance) de \hat{Y}_X
H_0	8.2.1	une hauteur de référence normalisée (à la température de référence T_r), $H_0 = X_0$
V_0	8.2.1	volume de référence normalisé correspondant à la hauteur $H_0 = X_0$, $V_0 = Y_0$
$\text{var}(V_{0,\text{pred}})$	8.2.1, Éq. (55)	variance du volume attendu (moyenne) obtenu de l'équation de mesure à H_0
$\text{var}(V_{0,\text{new}})$	8.2.1, Éq. (55)	élément de mesure de la variance pour une (nouvelle) détermination de volume à H_0
$\text{var}(V_{0,\text{trans}})$	8.2.1, Éq. (55)	composante de la variance pour un volume prédéfini (nouveau) résultant du «transfert» de l'incertitude de H_0 dans l'équation de mesure
$\partial \hat{h}(H_0) / \partial (H_0)$	8.2.1, Éq. (57)	dérivée de l'équation de mesure estimée \hat{h} , prenant en compte H et évaluée à $H = H_0$
V_M	8.2.1	le volume à la température T_m du volume de référence normalisé, V_0
T_3	8.2.2.2	température spécifiée
V_3, ρ_3	8.2.2.2	les masse volumique et volume respectifs, à la température T_3 , du liquide ayant pour volume V_M et masse volumique ρ_M à la température T_m
V_1, V_2	8.3	volumes normalisés spécifiés
ΔV	8.3	différence entre deux volumes spécifiés, $V_1 - V_2$
$\mathbf{h}'_1, \mathbf{h}'_2$	8.3	lignes du vecteur correspondant respectivement à la hauteur normalisée H_1 et H_2

4 Données requises

La présente partie de l'ISO 18213 s'applique d'une façon générale aux données acquises pendant le processus d'acquisition des données et à l'analyse en vue de l'étalonnage et de la détermination du volume de la cuve, comme décrit dans l'ISO 18213-1. Des procédures spécifiques s'appliquent soit à des sous-ensembles particuliers de ces données, soit à différentes étapes du processus d'acquisition, d'analyse, d'interprétation et d'exploitation des données. Les données auxquelles s'applique une procédure statistique particulière et l'étape du processus pendant laquelle il convient de les exploiter sont identifiées dans les paragraphes qui traitent de ladite procédure.

5 Courbes diagnostiques

5.1 Vue d'ensemble

Les courbes diagnostiques font partie des outils les plus performants en matière d'analyse et de vérification des données de mesure du volume. Elles sont particulièrement utiles pour identifier les observations et les mesures anormales dans un ensemble de données d'étalonnage d'une cuve. Elles sont également très utiles pour comparer les données (normalisées) issues de deux séquences d'étalonnage et pour comparer deux estimations résultant de l'équation d'étalonnage de la cuve. Les courbes pertinentes pour l'évaluation d'une série de données l'étalonnage (hauteur et volume) sont décrites en 5.2. Les courbes des données auxiliaires (temps, température) sont présentées en 5.3. L'Annexe A fournit des exemples de toutes les courbes.

5.2 Données d'étalonnage

5.2.1 Généralités

Les courbes traitées en 5.2 peuvent être basées soit sur l'équation d'étalonnage de la cuve, soit sur l'équation de sa mesure. En ce qui concerne les courbes fondées sur l'équation d'étalonnage, la variable de réponse (désignée par Y) représente la hauteur ou la cote, et la variable de contrôle (désignée par X) représente le volume ou le nombre d'incrément. Dans le cas des courbes basées sur l'équation de mesure (l'inverse de l'équation d'étalonnage), l'interprétation de Y et de X est inversée: Y désigne le volume et X la hauteur. Les deux orientations de courbes peuvent être utiles dans une application particulière et sont toutes deux illustrées dans l'Annexe A. Par souci de commodité, seul le terme «équation d'étalonnage» est utilisé en 5.2, mais il est entendu que la discussion peut également s'appliquer à l'équation de mesure.

Les courbes présentées en 5.2 peuvent être construites à partir de données présentées sous diverses formes. Une courbe spécifique est généralement construite à partir des données normalisées issues d'une séquence d'étalonnage particulière. Cependant, elle peut également être construite à partir des données brutes correspondantes ou bien à partir de «points de données» obtenus en évaluant l'équation de mesure ou d'étalonnage estimé de la cuve à un certain nombre de points choisis. Bien que les courbes puissent être construites à partir de données d'étalonnage brutes, l'analyse des données brutes n'est généralement pas recommandée car il est difficile d'effectuer des comparaisons qui soient significatives si, pendant la ou les périodes d'acquisition des données, les conditions de mesure varient de manière notable.

Enfin, il est souvent utile, à des fins de comparaison, de superposer ou de recouvrir plusieurs courbes sur un ensemble d'axes commun. Une courbe obtenue en superposant des courbes de variation de profil des données d'étalonnage issues de plusieurs séquences distinctes, par exemple (voir 5.2.3), est très utile pour l'analyse des variations séquence par séquence. De la même façon, la superposition d'une courbe de variation de profil, construite à partir des données issues d'une nouvelle séquence d'étalonnage, sur la courbe d'une estimation antérieure de l'équation d'étalonnage peut se révéler très utile pour vérifier la stabilité de l'équation d'étalonnage de la cuve depuis l'étalonnage précédent.

5.2.2 Courbes cumulées (Y en fonction de X)

Une courbe cumulée indique la relation entre la hauteur ou la cote des points figurant dans une cuve au-dessus d'un certain point de référence choisi au préalable, Y , et le volume correspondant de la cuve, X , au-dessous de ces points. Une courbe cumulée montre les caractéristiques générales (la forme) d'une relation hauteur/volume pour la cuve.

Comme indiqué en 5.2.1, une courbe cumulée peut être construite

- à partir des données normalisées issues d'une séquence d'étalonnage particulière,
- à partir des données brutes correspondantes (en général déconseillé), ou
- à partir d'une équation d'étalonnage définie au préalable pour la cuve, exprimée sous forme de fonction ou de tableau.

Dans les deux premiers cas, la réponse du système de mesure de la cuve (par exemple «hauteur du liquide») est tracée pour chaque incrément de la séquence d'étalonnage par rapport à une mesure de la quantité totale de liquide d'étalonnage (par exemple le volume cumulé) requis pour atteindre cette hauteur. Dans le dernier cas, les données «tracées» sont obtenues en évaluant, en un certain nombre de points sélectionnés, l'étalonnage estimé de la cuve ou l'équation de mesure.

Dans la notation de l'ISO 18213-2, Y_i désigne la cote (normalisée), au-dessus d'un certain point de référence préétabli, d'un point compris dans la cuve déterminé par le liquide ajouté pendant les premiers incréments i d'une séquence d'étalonnage. De la même façon, X_i désigne le volume total (normalisé) de la cuve au-dessous de ce point, tel que déterminé à partir du volume de liquide ajouté pendant les premiers incréments i de l'étalonnage, selon l'Équation (1):

$$X_i = \sum_j x_j \quad (1)$$

où x_j désigne le volume normalisé de la j -ième adjonction incrémentielle de liquide d'étalonnage. Une courbe cumulée est obtenue en traçant les couples volume/hauteur normalisés (X_i, Y_i) dérivés des données brutes d'une séquence d'étalonnage particulière. Les méthodes de calcul des valeurs normalisées X_i et Y_i à partir d'un ensemble de données d'étalonnage brutes sont décrites dans l'ISO 18213-2.

Il peut être utile de superposer les courbes des données normalisées issues de plusieurs séquences d'étalonnage afin de les comparer. Il est également possible d'inclure, dans la superposition de courbes, une courbe cumulée dérivée d'une séquence d'étalonnage, f , définie auparavant. Pour ce faire, tracer les points $[X_i, f(X_i)]$ obtenus en évaluant la fonction à un nombre convenable de points.

Une variante de la courbe cumulée (et de tous les autres points traités en 5.2) consiste à tracer la variable de réponse par rapport au nombre incrément, i , plutôt que par rapport au volume cumulé, X_i . Cependant, lorsque plusieurs courbes se superposent, une comparaison valable est uniquement possible si toutes les données sont représentées dans des courbes à la même échelle.

Les courbes cumulées présentent des caractéristiques générales du profil de la cuve (c'est-à-dire sa relation hauteur/volume). Elles peuvent également révéler des écarts bruts dans les données issues de plusieurs séquences d'étalonnage ou entre les données de plusieurs séquences d'étalonnage et d'une certaine équation d'étalonnage prédéfinie. Cependant, l'échelle de tracé sur l'axe des ordonnées est généralement trop importante pour pouvoir obtenir une résolution adéquate permettant de détecter

- des petites différences dans le profil de la cuve, ou
- des points aberrants dans un ensemble de données d'étalonnage.

Les variations du profil de la cuve et les points de données anormaux sont plus facilement identifiés à l'aide des courbes de variation de profil et des courbes de pente incrémentielle, traitées respectivement en 5.2.3 et 5.2.4.

5.2.3 Courbes de variation de profil $[(Y - a - bX)$ en fonction de X]

Une courbe de variation de profil montre l'écart entre la hauteur observée, Y , et une estimation de la hauteur calculée à l'aide d'une équation linéaire exprimant la hauteur en fonction du volume, $\hat{Y} = a + bX$, par rapport au volume, X , de la cuve au-dessous de la hauteur correspondante. En d'autres termes, la courbe de variation de profil montre la variation de la section libre (dégagée) de la cuve, de part et d'autre de sa section libre moyenne. Une courbe de variation de profil présente une résolution plus grande sur l'échelle verticale (des «hauteurs») que la courbe cumulée, et fournit ainsi davantage de détails sur la section libre de la cuve.

Comme la courbe cumulée, la courbe de variation de profil peut être construite

- a) à partir des données normalisées issues d'une séquence d'étalonnage particulière,
- b) à partir des données brutes correspondantes (en général déconseillé), ou
- c) à partir d'une équation d'étalonnage définie au préalable pour la cuve, exprimée sous forme de fonction ou de tableau.