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

Partie 1:

Aperçu général de la procédure

iTeh STANDARD PREVIEW

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

Part 1: Procedural overview

[ISO 18213-1:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/755e3c3b-99ca-4676-8b2a-36b523233273/iso-18213-1-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/755e3c3b-99ca-4676-8b2a-36b523233273/iso-18213-1-2007>



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 18213-1:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/755e3c3b-99ca-4676-8b2a-36b523233273/iso-18213-1-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/755e3c3b-99ca-4676-8b2a-36b523233273/iso-18213-1-2007>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2007

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 Principes physiques impliqués	1
3 Modèle d'étalonnage	2
4 Équipement nécessaire	3
4.1 Généralités	3
4.2 Cuve et systèmes de mesure	3
4.3 Circuit cuve-étalon	6
4.4 Liquide d'étalonnage	8
4.5 Logiciel d'étalonnage	8
5 Procédure type d'étalonnage de cuve	9
5.1 Procédure d'étalonnage	9
5.2 Notes relatives aux procédures	10
6 Planification des opérations d'étalonnage et de préétalonnage	10
6.1 Plan d'étalonnage	10
6.2 Conditions de mesure et analyse préliminaire d'erreur	11
6.3 La cuve et ses systèmes de support et de mesure	11
6.4 Matériel d'étalonnage (cuve-étalon)	13
6.5 Conditions opérationnelles de référence	14
6.6 Acquisition des données et analyse	16
6.7 Plan d'étalonnage	18
7 Détermination du volume	19
7.1 Aperçu général	19
7.2 Étapes de détermination de la hauteur de liquide	19
7.3 Étapes de détermination du volume	21
7.4 Estimation des incertitudes	21
7.5 Dernière note sur le volume de pied de cuve	22
Bibliographie	23

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 18213-1 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

L'ISO 18213 porte sur l'acquisition, la normalisation, l'analyse et l'exploitation des données d'étalonnage permettant de déterminer les volumes de liquides dans les cuves de procédé, pour des besoins de comptabilité des matières nucléaires. La présente partie de l'ISO 18213 est complémentaire des autres parties, comprenant l'ISO 18213-2 (normalisation des données), l'ISO 18213-3 (méthodes statistiques), l'ISO 18213-4 (bullage lent), l'ISO 18213-5 (bullage rapide) et l'ISO 18213-6 (détermination de la masse volumique en cuve).

Les mesures précises de volume sont l'un des éléments fondamentaux de tout système de mesure pour la gestion et la comptabilité dans une installation qui traite ou stocke des matières nucléaires à l'état liquide. En principe, les mesures volumétriques sont déterminées à l'aide d'une équation d'étalonnage ou de mesure de volume, qui relie la réponse d'un système de mesure de la cuve à une mesure indépendante de volume de la cuve. L'ultime objectif de la procédure d'étalonnage est d'estimer l'équation de mesure de volume de cuve (qui est l'inverse de l'équation d'étalonnage), qui relie le volume de la cuve à la réponse du système de mesure. Les phases nécessaires à l'acquisition des données pour évaluer cette équation d'étalonnage ou de mesure de volume sont décrites comme le processus d'étalonnage de cuve.

Les méthodes exposées dans la présente partie de l'ISO 18213 s'appliquent à des cuves équipées de systèmes de canne de bullage pour mesurer la quantité de liquide. Avec un tel système, le gaz (air) est introduit sous pression dans un tube plongeant (canne) immergé dans le liquide de la cuve. Les mesures de la pression requise pour générer le bullage sont utilisées pour déterminer la hauteur de la colonne de liquide dans la cuve, au-dessus de l'extrémité de la canne. Pendant l'étalonnage, les mesures de la hauteur de liquide sont associées à une mesure quantitative indépendante d'une quantité déterminée de liquide (d'étalonnage) dans la cuve, dont la masse volumique a été déterminée avec précision. Une estimation de l'équation de mesure de volume, obtenue à partir de ces données, est utilisée par la suite pour déterminer les volumes de liquide de procédé à partir des mesures de pression que ces liquides exercent à l'extrémité de la canne de bullage.

La présente partie de l'ISO 18213 donne un aperçu général de la procédure d'étalonnage et de détermination de volume, dont les phases principales sont présentées. Les étapes qui nécessitent un développement ultérieur sont discutées plus en détail dans les autres parties de l'ISO 18213, citées ci-dessus.

Les données d'étalonnage et de mesure de volume de cuve sont sensibles aux variations des conditions de mesure, et spécialement à celles de la température du liquide et de l'air. Par conséquent, ces données doivent être normalisées suivant un ensemble fixe de conditions de référence pour réduire la variabilité et garantir la comparabilité. La normalisation est indispensable chaque fois que les conditions de mesure changent au cours d'une procédure d'étalonnage et, également, pour la comparaison ou la combinaison des données provenant de plusieurs périodes d'étalonnage, au cours desquelles les conditions de mesure ne sont pas constantes. Enfin, la normalisation est déterminante pour toutes les mesures de liquide utilisées pour déterminer des volumes pour les besoins de comptabilité, car les conditions de mesure dans le procédé sont, en général, très différentes de celles qui existent en cours d'étalonnage. Les étapes de normalisation des données sont présentées dans l'ISO 18213-2.

L'une des phases essentielles de la procédure d'étalonnage et de mesure de volume est la détermination de la hauteur d'une colonne de liquide au-dessus d'un certain point de référence, à partir d'une mesure de la pression exercée par le liquide au niveau de l'extrémité de la canne immergée. Les procédures utilisées pour déterminer avec précision ces hauteurs de liquide, à partir des mesures de pression, sont présentées respectivement dans l'ISO 18213-4 et l'ISO 18213-5 pour des vitesses de bullage lentes et rapides.

Les méthodes statistiques employées pour (i) l'analyse de la cohérence d'un ensemble de résultats obtenus pendant l'opération d'étalonnage, (ii) l'établissement de l'équation d'étalonnage de cuve à partir d'un ensemble de données d'étalonnage et (iii) l'évaluation de l'incertitude du volume déterminé à partir de cette équation sont présentées dans l'ISO 18213-3.

ISO 18213-1:2007(F)

Pour les cuves équipées de deux cannes de bullage ou plus, il est possible d'appliquer les procédures de l'ISO 18213 pour effectuer les mesures de pression (différentielle) pour chaque canne. Ces mesures peuvent ensuite être utilisées pour la détermination très précise de la masse volumique du liquide dans la cuve. Les méthodes permettant la mesure précise de la masse volumique des liquides dans les cuves sont décrites dans l'ISO 18213-6.

Prises ensemble, les six parties de l'ISO 18213 fournissent une méthodologie complète et innovante traitant tous les facteurs connus affectant significativement l'incertitude des déterminations de volume obtenues au moyen d'une équation d'étalonnage de cuve. Cette méthodologie peut être utilisée pour fournir des étalonnages de grande qualité pour des cuves où des mesures de volume très précises sont requises, telles que les cuves de comptabilité clés d'entrée et de sortie. Pour diverses raisons (instrumentation inadaptée, manque de temps ou d'autres moyens), il est possible qu'un opérateur ne puisse pas réunir toutes les conditions prescrites dans l'ISO 18213, même pour des cuves de comptabilité clés. Cependant, il n'est pratiquement pas nécessaire, pour l'opérateur, de disposer de toutes ces conditions pour toutes les cuves de l'installation. Dans ces circonstances, la présente partie de l'ISO 18213 fournit un cadre de départ à partir duquel un modèle d'étalonnage «réduit», adapté à chaque cuve, peut être développé.

La première étape de tout étalonnage est d'établir les limites d'incertitude appropriées pour la mesure de volume résultante. Ensuite, chaque facteur potentiellement significatif est évalué relativement à son effet sur les résultats d'étalonnage et, en particulier, relativement à sa contribution à l'incertitude totale de la mesure de volume (voir l'ISO 18213-3:—, Annexe D). Un modèle réduit est obtenu en ignorant les facteurs dont l'effet sur l'incertitude totale et sur les calculs ultérieurs concernant cet étalonnage est négligeable [éventuellement en les fixant à une valeur constante adaptée; voir les exemples de l'ISO 18213-4:—, Annexe A (bullage lent) ou de l'ISO 18213-5:— (bullage rapide)]. Les autres facteurs seront bien sûr retenus. Ainsi, pour une cuve de comptabilité clé pour laquelle des mesures très précises de volume sont requises, un modèle adapté considérera (presque) tous les facteurs potentiellement importants dans les calculs ultérieurs de normalisation et d'incertitude. Pour les cuves avec des exigences de mesure moins strictes, un modèle ne comprenant que des termes qui n'impliquent qu'un ou deux des facteurs les plus influents, tels que la température et la masse volumique, suffira souvent. Il est rappelé à l'utilisateur, à de nombreux endroits dans l'ISO 18213, qu'il doit déterminer s'il doit ou non retenir une variable particulière.

[ISO 18213-1:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/755e3c3b-99ca-4676-8b2a-36b523233273/iso-18213-1-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/755e3c3b-99ca-4676-8b2a-36b523233273/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

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 18213 décrit les procédures pour l'étalonnage de cuve et la détermination du volume de cuve de procédé nucléaire, pour cuves équipées d'un système de mesure de pression permettant d'en déterminer le volume de liquide. En particulier, elle fournit des lignes directrices pour planifier une procédure d'étalonnage en vue d'obtenir les données nécessaires à l'estimation de l'équation de mesure de volume de la cuve, et présente les étapes clés de la procédure à suivre pour utiliser ultérieurement l'équation estimée de mesure de volume en vue de la détermination du volume de liquide de la cuve.

Les procédures présentées s'appliquent spécifiquement aux cuves équipées d'un système de cannes de bullage pour la mesure du volume des liquides. Cependant, ces procédures ne donnent des résultats fiables que pour des liquides clairs (sans matières en suspension), homogènes, qui sont à la fois en équilibre thermique et en équilibre statique.

[ISO 18213-1:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/755e3cf3-99ca-4676-8b2a-36b523233273/iso-18213-1-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/755e3cf3-99ca-4676-8b2a-36b523233273/iso-18213-1-2007>

2 Principes physiques impliqués

Les systèmes de mesure de pression pour déterminer la hauteur de liquide décrits dans la présente partie de l'ISO 18213 reposent sur le principe hydrostatique de base, selon lequel la pression exercée par une colonne de liquide à sa base, P , est liée à la hauteur de la colonne et à la masse volumique du liquide selon l'Équation (1):

$$P = gH_M\rho_M \quad (1)$$

où

H_M est la hauteur de la colonne de liquide (à la température T_m)¹⁾;

ρ_M est la masse volumique moyenne du liquide dans la colonne (à la température T_m);

g est l'accélération locale due à la pesanteur.

Si la masse volumique du liquide est connue, l'Équation (1) peut être utilisée pour déterminer la hauteur de la colonne de liquide au-dessus d'un point donné à partir (d'une mesure) de la pression exercée par le liquide à ce point. Par conséquent, les cuves de procédé sont généralement équipées de systèmes de cannes de bullage permettant de mesurer la pression. Avec un système de cannes de bullage, le gaz est introduit sous pression dans une canne dont l'extrémité est immergée dans le liquide de la cuve, jusqu'à l'apparition de bulles. À ce point, la pression appliquée à l'extrémité de la canne par le gaz de bullage est égale à celle

1) L'indice «M» est employé pour indiquer la valeur d'une quantité dépendante de la température, à la température T_m .

appliquée par la colonne de liquide. La pression requise pour induire le bullage se mesure à l'aide d'un manomètre situé au-dessus de la cuve, à quelque distance de l'extrémité de la canne.

En pratique, plusieurs facteurs peuvent affecter la précision des déterminations de hauteur effectuées à partir de l'Équation (1). Les variations de température ont potentiellement l'incidence la plus importante, surtout pour la comparabilité de deux mesures ou plus (telles que celles faites pour l'étalonnage), principalement parce que la masse volumique du liquide est extrêmement sensible aux variations de température. En outre, des différences entre la pression réelle exercée à l'extrémité de la canne et la pression lue au manomètre peuvent être induites par la poussée aérostatique, la masse de gaz dans les circuits des cannes, la perte de charge et les effets de la formation et de la libération des bulles à l'extrémité de la canne. Un algorithme général permettant de normaliser les mesures de pression, en compensant les différences de températures et autres facteurs de mesure, est présenté dans l'ISO 18213-2. La phase de calcul de la hauteur en fonction de la pression requise pour chaque mesure dépend de la vitesse de bullage. Le calcul est traité plus en détail dans l'ISO 18213-4 et l'ISO 18213-5, respectivement en fonction de l'utilisation d'un bullage lent ou rapide.

3 Modèle d'étalonnage

L'équation d'étalonnage d'une cuve de procédé exprime la réponse de son système de mesure (par exemple pression ou hauteur de liquide calculée à partir de la pression) en fonction de sa quantité de liquide contenu (par exemple masse ou volume). L'équation de mesure, qui donne le volume de la cuve en fonction de la hauteur, est l'inverse de l'équation d'étalonnage.

À une température de référence fixée, T_r , l'équation de mesure, $V_r = f^{-1}(H_r)$, donne le volume de la cuve au-dessus d'un certain point à la cote H_r au-dessus d'un point de référence choisi (en général l'extrémité de la canne principale). L'équation de mesure peut s'écrire selon l'Équation (2).

$$V_r = f^{-1}(H_r) = \int_{-\varepsilon}^{H_r} A_r(H) dH \quad (2)$$

où

(standards.iteh.ai)
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/755e3cf3-99ca-4676-8b2a-36b523233273/iso-18213-1-2007>
 ISO 18213-1:2007

H est la cote de la surface du liquide au-dessus du point de référence;

$A_r(H)$ est la section libre de la cuve (la section de la cuve moins la surface occupée par l'appareillage interne) à la cote H au-dessus du point de référence sélectionné (à la température T_r);

ε est la distance verticale entre le point de référence choisi et le point le plus bas de la cuve.

Noter que, si l'on choisit comme point de référence le point le plus bas, on a alors $\varepsilon = 0$.

L'équation de mesure donnée par l'Équation (2) n'est généralement pas utilisée directement, car la forme fonctionnelle de $A_r(H)$ peut être très complexe, et les approximations réalisées à partir de dessins techniques ne sont pas suffisamment précises du point de vue du contrôle des garanties des matières nucléaires. Par conséquent, une procédure d'étalonnage est entreprise pour obtenir des données à partir desquelles il est possible d'effectuer une estimation suffisamment précise de la relation hauteur/volume donnée par l'Équation (2) [ou l'Équation (3) ci-dessous]. L'estimation de l'Équation (2) [ou de l'Équation (3)] à partir des données d'étalonnage s'exprime, en principe, sous la forme de plusieurs équations polynomiales de faible degré, chacune d'elles étant ajustée sur un segment particulier de l'équation d'étalonnage complète.

Si la cuve ne peut pas être totalement vidée, l'étalonnage commence à une cote inconnue, $H_0 > -\varepsilon$, déterminée par le liquide résiduel qui demeure dans la cuve (le pied de cuve). En termes de H_0 , l'Équation (2) peut s'écrire selon l'Équation (3):

$$V_r = V_0 + \int_{H_0}^{H_r} A_r(H) dH \quad (3)$$

où V_0 est le volume résiduel initial inconnu de la cuve, exprimé selon l'Équation (4):

$$V_0 = \int_{-\varepsilon}^{H_0} A_r(H) dH \quad (4)$$

Si la cuve peut être complètement vidée, alors $H_0 = -\varepsilon$ et $V_0 = 0$. En général, cependant, la cuve ne peut pas être complètement vidée, et le pied de cuve, V_0 , ne peut pas être déterminé directement avec le système de mesure de la cuve. Dans ce cas, le volume résiduel ne peut pas être mesuré pendant l'opération d'étalonnage (sauf pendant le tout premier étalonnage, et seulement si la cuve est initialement vide), et doit être évalué d'une autre manière (voir 6.6.6 et l'ISO 18213-2:2007, Annexe C).

4 Équipement nécessaire

4.1 Généralités

Dans le cadre de la comptabilité des matières nucléaires, la quantité de liquide dans une cuve est mesurée pour déterminer son volume. Cela implique que la cuve est préalablement étalonnée, c'est-à-dire que la relation entre la cote d'un point donné de la cuve et le volume de la cuve au-dessous de ce point est établie. Pendant le processus d'étalonnage, des compléments de liquide d'étalonnage de masse volumique connue sont ajoutés dans la cuve. Le volume de chaque incrément est mesuré (indépendamment du système de mesure de la cuve) et, après qu'il a été ajouté au contenu de la cuve, la réponse correspondante du système de mesure de la cuve est observée. Les mesures indépendantes de capacité de la cuve sont réalisées à l'aide d'un circuit cuve-étalon approprié. Les systèmes de mesure et d'aide à la mesure des cuves sont traités en 4.2. Les composants principaux d'un système d'étalonnage, comprenant le circuit cuve-étalon, le liquide d'étalonnage et le logiciel d'étalonnage requis, sont présentés respectivement en 4.3, en 4.4 et en 4.5.

4.2 Cuve et systèmes de mesure

[ISO 18213-1:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/755e3cf3-99ca-4676-8b2a-36b523233273/iso-18213-1-2007)

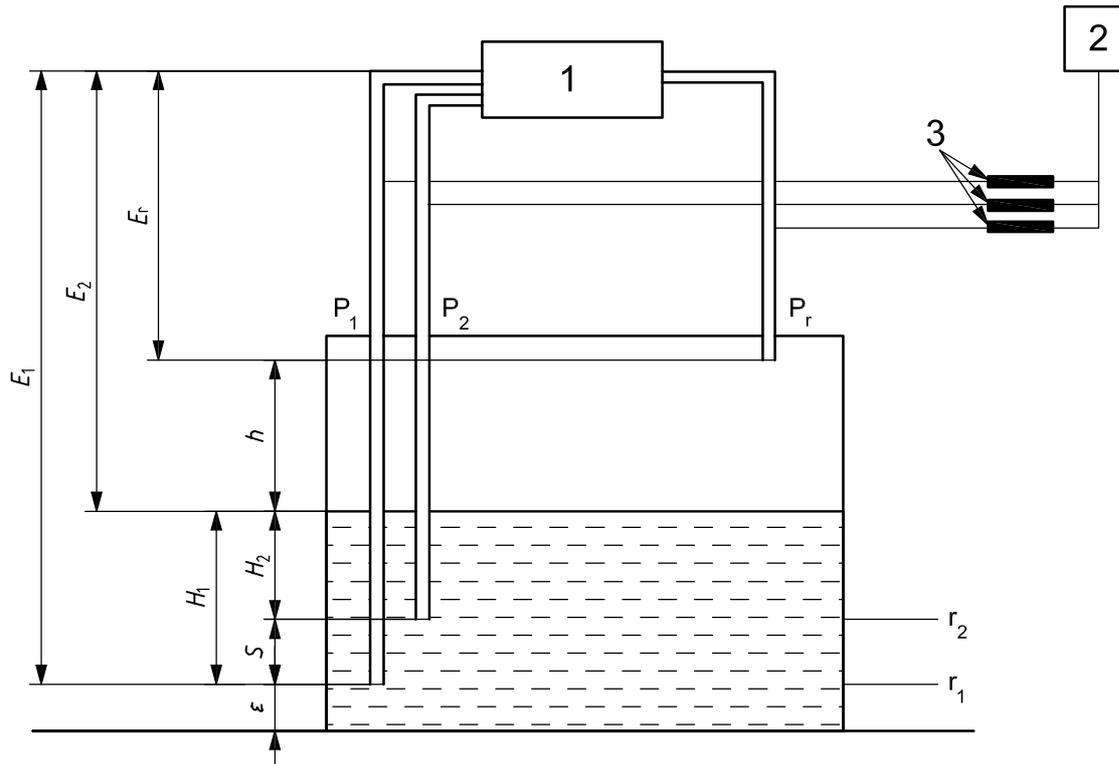
4.2.1 Introduction <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/755e3cf3-99ca-4676-8b2a-36b523233273/iso-18213-1-2007>

Les composants d'un système type basé sur la mesure de pression, utilisé pour déterminer la quantité de liquide (hauteur) dans une cuve, sont représentés schématiquement dans la Figure 1. Ces composants comprennent la cuve, ses cannes de bullage, ses capteurs de température et le(s) manomètre(s) utilisé(s) pour mesurer la pression. La Figure 1 donne également la nomenclature utilisée dans les six parties de l'ISO 18213.

La pression de bullage dépend non seulement de la hauteur du liquide au-dessus de l'extrémité de la canne de bullage, mais aussi de la pression à la surface du liquide dans la cuve. En pratique, la mesure effectuée est la différence entre la pression du gaz dans la canne principale (ou secondaire) et la pression du gaz dans la canne de référence.

Dans la configuration représentée dans la Figure 1, la canne principale (secondaire) est connectée au côté haute pression du manomètre, et la canne de référence est connectée au côté basse pression. Cette configuration, bien que courante, n'est pas la seule possible. Dans une autre configuration très répandue, par exemple, la canne principale est connectée au côté haute pression du manomètre et les cannes secondaire et de référence sont connectées au côté basse pression. Des modifications mineures des méthodes et de la nomenclature données dans la présente partie de l'ISO 18213 peuvent être nécessaires quand elles s'appliquent à des configurations qui diffèrent de celle montrée dans la Figure 1.²⁾

2) L'avantage de la configuration donnée dans la Figure 1 est que, une fois la canne secondaire immergée, elle fournit une mesure double de la hauteur du liquide. L'autre configuration proposée fournit une mesure de la hauteur du liquide et une mesure de la différence de pression entre les cannes principale et secondaire.



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Légende

- 1 manomètre
- 2 alimentation de gaz (N₂ ou air)
- 3 débitmètre

[ISO 18213-1:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/755e3c3b-99ca-4676-8b2a-36b523233273/iso-18213-1-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/755e3c3b-99ca-4676-8b2a-36b523233273/iso-18213-1-2007>

Canne	Canne principale	Canne secondaire	Canne de référence
Désignation de la canne	P_1	P_2	P_r
Point de référence	r_1 (Primaire)	r_2 (Secondaire)	—
Hauteur de liquide par rapport au point de référence	H_1	H_2	—
Cote de la jauge de pression (manomètre) par rapport au point de référence	E_1	E_2	E_r
Cote de la canne de référence par rapport à la surface du liquide	$h = E_1 - E_r - H_1$	$h = E_2 - E_r - H_2$	—
Cote du point de référence par rapport au fond de la cuve	ϵ	$\epsilon + S^a$	—

^a Distance verticale (séparation) des cannes: $S = H_1 - H_2$.

Figure 1 — Composants d'un système type basé sur la mesure de pression, utilisé pour déterminer la quantité de liquide

4.2.2 Cuve

Il convient d'équiper la cuve dans laquelle la hauteur de liquide est mesurée d'au moins deux cannes de bullage de petit diamètre (< 15 mm). Il convient que l'une des cannes (la canne principale) aille au plus près possible du fond de la cuve (sans le toucher). Il convient d'installer cette canne de façon rigide, pour que sa position relative par rapport à la cuve soit fixe et qu'il n'y ait aucun contact avec la paroi de la cuve. La seconde canne (canne de référence) doit aussi descendre dans la cuve, mais il convient qu'elle soit aussi courte que possible (ou fixée sur le tube de mise à l'air), de sorte que son extrémité soit au-dessus du niveau maximal de remplissage.

Il convient de connecter chaque canne à deux tubes rigides (tuyaux) de petit diamètre, l'un étant connecté à une alimentation de gaz et l'autre étant connecté à une jauge de pression (manomètre). Il convient que les deux tubes de chaque canne soient de même diamètre et, si possible, de même longueur (et de préférence qu'ils aient le même cheminement). Il convient d'installer (de monter) les tubes de telle sorte qu'ils ne soient pas soumis à des vibrations qui pourraient affecter défavorablement la qualité de la mesure.

Les variations de température peuvent affecter considérablement la fiabilité des données utilisées pour l'étalonnage et pour le calcul des volumes, surtout à cause de leur effet sur la masse volumique du liquide. Par conséquent, il convient d'équiper la cuve de capteurs de température, étalonnés pour assurer des mesures avec une précision d'au moins 0,5 °C.

La cuve doit aussi être équipée d'instrumentation (barboteurs, agitateurs, etc.) permettant d'assurer, au moment de la mesure, l'homogénéité et l'uniformité de la température du liquide. Ces instruments doivent pouvoir fonctionner à des régimes capables de garantir l'homogénéité et l'uniformité de la température du liquide, sans provoquer d'évaporation ni de mouvement excessifs pendant une séquence d'étalonnage. Ces instruments doivent pouvoir être coupés sur demande pour effectuer les mesures requises.

Pour garantir la stabilité des conditions de mesure, il convient d'isoler, dans la mesure du possible, la cuve et ses systèmes de mesure et d'exploitation des autres composants (par exemple cuves environnantes) de l'ensemble de l'installation de procédé.

4.2.3 Manomètres

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/755e3c3b-99ca-4676-8b2a-36b523233273/iso-18213-1-2007>

Les cuves équipées d'un système de mesure de pression pour déterminer la quantité de liquide doivent également inclure des manomètres capables de mesurer la pression du gaz de bullage dans les circuits des cannes. Il convient d'équiper le(s) manomètre(s) retenu(s) d'un afficheur numérique ou de le(s) connecter à un voltmètre numérique, pour qu'ils puissent être connectés électroniquement avec d'autres composants des systèmes de mesure et d'étalonnage de la cuve.

Le système du manomètre doit être assez sensible pour mesurer la pression avec une précision suffisante pour satisfaire aux critères de gestion des matières nucléaires applicables à la cuve. Si, par exemple, il est nécessaire d'obtenir une résolution de 1 l, cela impose une exigence sur la résolution du manomètre (voir 6.3.3). Généralement, un système de manomètre d'une résolution de 1 Pa ou de 2 Pa, ou moins, est adapté pour des mesures pour la gestion des matières nucléaires. Il convient également que le système de manomètre ait une plage différentielle appropriée à son utilisation. Tandis qu'un manomètre avec une gamme différentielle de 50 000 Pa peut être nécessaire pour une grande cuve d'entrée, un manomètre de gamme différentielle de 20 000 Pa peut être adapté à une cuve de sortie plus petite.

L'acquisition et le transfert électronique des données sont importants pour éliminer les erreurs d'enregistrement de données et pour faciliter l'exploitation, surtout pendant les procédures d'étalonnage (voir 4.5). Il convient que le système soit capable de mesurer en continu ou avec une fréquence d'au moins 5 Hz.

4.2.4 Gaz de bullage

Une alimentation en gaz est nécessaire. Elle doit être suffisante, non seulement pour assurer un débit dans la canne de référence qui souffle dans la cuve au-dessus de la surface du liquide, mais aussi pour maintenir le bullage à l'extrémité de la ou des cannes immergées tout au long des périodes de mesurage. L'instrumentation utilisée pour la fourniture et la régulation du flux de gaz dans les circuits doit être capable de maintenir un débit constant pendant les opérations d'étalonnage et de mesurage. Il convient que ce système d'alimentation permette au gaz d'atteindre un équilibre de température dans l'atelier pour éviter tout gradient thermique important.

Le gaz de bullage choisi doit être inerte par rapport aux liquides d'étalonnage et de procédé. Cependant, il convient de choisir un gaz dont les propriétés physiques (en particulier la masse volumique) sont bien connues, de sorte que les calculs de normalisation nécessaires puissent être menés à bien (voir l'ISO 18213-4 ou l'ISO 18213-5). En pratique, l'air comprimé et l'azote sont très largement utilisés. L'azote est facile à utiliser. Cependant, l'air comprimé présente l'avantage de simplifier de nombreux calculs de normalisation de données (voir l'ISO 18213-2), sous réserve qu'il soit compatible avec le procédé. Lors du choix du gaz de bullage, il est utile de noter que l'air sec a tendance à accroître l'évaporation alors que l'air saturé (humide) a tendance à augmenter la condensation.

Avec le bullage rapide, des débits compris entre 6 l/h et 20 l/h sont couramment utilisés pendant les périodes de mesurage. Le débit optimal dépend du diamètre de la canne de bullage: plus le diamètre de la canne est grand, plus le débit requis est important. Un débitmètre massique dont le point de réglage peut être fixé à 0,1 l/h est nécessaire pour faire des mesurages à bullage lent (voir l'ISO 18213-4:—, Annexe C).

4.2.5 Conditions ambiantes

Les mesures d'étalonnage et de détermination de volume de cuve sont sensibles aux variations des conditions ambiantes. Par conséquent, une instrumentation pour le mesurage de la température ambiante, de la pression barométrique et de l'hygrométrie est nécessaire. Les données relatives aux conditions ambiantes sont indispensables pour normaliser une série de mesurages sous la forme d'un ensemble fixe de conditions de référence (voir l'ISO 18213-2).

4.3 Circuit cuve-étalon

Des mesurages indépendants des adjonctions de liquide dans la cuve via le procédé d'étalonnage peuvent se faire en utilisant un circuit cuve-étalon gravimétrique ou volumétrique. La cuve-étalon gravimétrique, constituée essentiellement d'un conteneur et d'une balance, fournit une mesure de la masse du liquide rajouté dans la cuve. Un circuit cuve-étalon volumétrique est essentiellement constitué d'un ou de plusieurs conteneurs de différentes capacités, chacun d'eux ayant été fabriqué pour fournir un seul volume fixe de liquide à une température prédéfinie. Un système gravimétrique-volumétrique mixte (en principe, une cuve-étalon volumétrique avec une balance) peut être employé pour assurer une redondance des mesures. Dans la pratique, les cuves-étalons gravimétriques sont plus couramment utilisées, mais des mesures de grande qualité peuvent être obtenues avec l'un ou l'autre des systèmes. Un montage type d'étalonnage de cuve est représenté à la Figure 2.

Plusieurs aspects interviennent dans la sélection d'un circuit cuve-étalon adapté à l'étalonnage de cuve. Le circuit cuve-étalon doit être capable de fournir des tailles d'incrément d'étalonnage non seulement d'une valeur compatible avec la capacité du système de mesure de la cuve, mais aussi répondant aux autres exigences de comptabilité et aux impératifs d'exécution.

Il convient que la taille des incréments soit suffisamment élevée pour induire une modification au moins cinq fois supérieure à la résolution du système de mesure de la cuve (voir 6.3.3), mais suffisamment réduite pour permettre une résolution correcte des caractéristiques structurales importantes de la cuve (voir 6.6.3).

Compte tenu de cet impératif de résolution du système, il est généralement souhaitable de prévoir autant d'incrément d'étalonnage que le temps et les ressources le permettent. Pour les cuves de grande capacité, le temps total requis pour une séquence d'étalonnage peut devenir un facteur important à prendre en considération. Il convient que le circuit cuve-étalon retenu permette un remplissage et une vidange suffisamment rapides pour fournir un nombre assez grand d'incrément (au minimum 50, de préférence plus) pour obtenir la résolution requise en l'espace de 12 h environ (voir 5.2).

Pour répondre aux impératifs de résolution et de temps, il peut s'avérer nécessaire d'utiliser des incréments de grandeurs différentes pendant une séquence d'étalonnage. À ce titre, il est possible de construire un circuit cuve-étalon volumétrique qui fournisse une gamme de tailles d'incrément en construisant plusieurs conteneurs de capacités différentes, chacun délivrant un seul volume fixe de liquide. Cependant, le passage d'un conteneur à l'autre peut être très long, surtout si les circuits de vidange doivent être débranchés, puis rebranchés. Toutefois, si les conteneurs doivent être déplacés, leur mise à niveau est nécessaire après chaque déplacement. Il est possible de s'affranchir de ces inconvénients en utilisant une cuve-étalon gravimétrique qui, étant constituée essentiellement d'un conteneur et d'une balance, est capable de fournir une plage continue de tailles d'incrément. Un autre avantage de ce système réside dans la multiplicité de lectures pour chaque