
**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**

*Nuclear fuel technology — Tank calibration and volume determination
for nuclear materials accountancy*
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5d-8ef8-5e9fe44cd2d1/iso-18213-5-2008>
*Part 5. Accurate determination of liquid height in accountancy tanks
equipped with dip tubes, fast bubbling rate*



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 18213-5:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0edca7d5-4ab8-415d-8ef8-5e9fe44cd2d1/iso-18213-5-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0edca7d5-4ab8-415d-8ef8-5e9fe44cd2d1/iso-18213-5-2008>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2008

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 Équipement nécessaire, conditions de mesure et modes opératoires	2
4 Détermination de la hauteur à partir des mesures de pressions	2
5 Résultats	6
Annexe A (informative) Estimation des quantités qui affectent la détermination de la hauteur de liquide	8
Bibliographie	14

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 18213-5:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0edca7d5-4ab8-415d-8ef8-5e9fe44cd2d1/iso-18213-5-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0edca7d5-4ab8-415d-8ef8-5e9fe44cd2d1/iso-18213-5-2008>

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 18213-5 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 liquide dans les cuves de procédé pour des besoins de comptabilité. La présente partie de l'ISO 18213 est complémentaire des autres parties, qui sont: l'ISO 18213-1 (aperçu général de la procédure), l'ISO 18213-2 (normalisation des données), l'ISO 18213-3 (méthodes statistiques), l'ISO 18213-4 (bullage lent) et l'ISO 18213-6 (détermination de la masse volumique en cuve).

La procédure présentée ici pour la détermination de la hauteur de liquide, à partir de mesures de la pression induite, s'applique spécifiquement lorsqu'un bullage rapide est employé. L'ISO 18213-4 donne une procédure similaire adaptée à un bullage très lent.

Les mesurages de volume et de hauteur de liquide dans une cuve de procédé de comptabilité des matières nucléaires sont souvent réalisés dans le but d'estimer ou de vérifier l'équation d'étalonnage ou de mesure du volume de la cuve. L'équation d'étalonnage établit une relation entre la réponse du système de mesure de la cuve et une mesure indépendante du volume de la cuve.

On part d'une cuve vide, puis, en général, les données sont acquises par l'introduction dans la cuve d'une série de quantités de liquide d'étalonnage soigneusement mesurées. La quantité de liquide ajoutée dans la cuve, la réponse du système de mesure de la cuve et les conditions ambiantes du moment, telles que la température, sont mesurées pour chaque addition d'incrément. Plusieurs séquences d'étalonnage sont réalisées en vue d'obtenir des données pour estimer ou vérifier une équation d'étalonnage ou de mesure du volume de la cuve. L'ISO 18213-1 donne un aperçu des opérations d'étalonnage et de mesurage du volume de la cuve. L'ISO 18213-2 donne un algorithme de normalisation des données d'étalonnage et de mesurage du volume pour réduire le plus possible les effets de la variabilité des conditions ambiantes rencontrées pendant le mesurage. La procédure présentée dans la présente partie de l'ISO 18213 pour la détermination de la hauteur de liquide d'étalonnage dans la cuve, à partir d'une mesure de la pression qu'il induit dans le système de mesure de la cuve, est un composant essentiel de cet algorithme.

Dans certaines usines de retraitement, le volume de liquide ajouté ou retiré de la cuve est déterminé par les niveaux entre deux siphons. Le niveau haut correspond au volume nominal et le niveau bas au volume de pied de cuve. Si le volume transféré ne peut pas être mesuré directement, il est alors nécessaire d'étalonner ce volume (comme cela est décrit dans l'alinéa précédent), car la différence entre le volume réel et celui qui est utilisé pour les calculs d'inventaire apparaîtra comme une erreur systématique.

L'ultime objectif de l'exercice 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. L'ISO 18213-1 présente les étapes d'utilisation de l'équation de mesure pour déterminer le volume de liquide de procédé contenu dans la cuve. La procédure présentée dans la présente partie de l'ISO 18213 pour la détermination de la hauteur de liquide de procédé dans une cuve, à partir d'une mesure de la pression qu'il induit dans le système de mesure de la cuve, est également une étape essentielle de la procédure de détermination des volumes de liquide de procédé.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 18213-5:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0edca7d5-4ab8-415d-8ef8-5e9fe44cd2d1/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

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 18213 spécifie une procédure permettant de déterminer avec précision la hauteur de liquide dans les cuves de comptabilité de matières nucléaires équipées d'un système pneumatique de détermination du contenu liquide. Avec un tel système, un gaz est introduit sous pression dans un tube plongeant (canne) immergé dans le liquide de la cuve. La pression requise pour induire le bullage est mesurée à l'aide d'un manomètre situé à une certaine distance de l'extrémité de la canne. Cette procédure s'applique spécifiquement lorsqu'un bullage rapide est employé.

Une série de déterminations de la hauteur de liquide réalisée avec un liquide de masse volumique connue est nécessaire pour estimer l'équation d'étalonnage d'une cuve (voir l'ISO 18213-1), fonction mettant en relation l'élévation (hauteur) d'un point dans la cuve avec une détermination indépendante du volume de la cuve associée à ce point. Pour des besoins de comptabilité, l'équation de mesure (inverse de l'équation d'étalonnage) est utilisée pour déterminer le volume de liquide de procédé dans la cuve correspondant à une détermination donnée de la hauteur de liquide.

2 Principes physiques impliqués

Les méthodologie de la présente partie de l'ISO 18213 s'appuie sur des mesures de la différence entre la pression hydrostatique à la base d'une colonne de liquide dans une cuve et la pression à sa surface, mesurée à l'aide d'une canne de bullage immergée dans le liquide. La pression exercée par une colonne de liquide à sa base, P , exprimée en pascals, est liée à la hauteur de la colonne et à la masse volumique du liquide, selon l'Équation (1)¹⁾:

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

où

H_M est la hauteur de la colonne de liquide (à la température T_m), en m;

ρ_M est la masse volumique moyenne du liquide dans la colonne (à la température T_m), en kg/m³;

g est l'accélération locale due à la pesanteur, en m/s².

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

Pour un liquide de masse volumique connue, ρ , l'Équation (1) peut être utilisée pour déterminer la hauteur, H , de la colonne de liquide au-dessus d'un point donné à partir (d'une mesure de) la pression, P , 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. Les composants d'un système type de mesure de pression (voir la Figure 1) sont abordés en détail dans l'ISO 18213-1, ainsi qu'une description de la procédure associée à une séquence d'étalonnage type.

En pratique, ce n'est pas la pression absolue qui est mesurée, mais plutôt la différence de pression entre le bas et le haut de la colonne de liquide. Du gaz est introduit sous pression dans deux cannes pour mesurer cette pression différentielle. L'extrémité de l'une des cannes (la canne principale, la plus longue) est située près du fond de la cuve et immergée dans le liquide. L'extrémité de la seconde canne (la canne de référence) est située dans la cuve, au-dessus de la surface du liquide.

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 change avec la température. Par ailleurs, des différences entre les pressions réelles à l'extrémité des cannes et les pressions observées au manomètre peuvent être induites par la poussée aérostatique, par la masse de gaz dans les circuits des cannes, par la perte de charge et par les effets de la formation des bulles à l'extrémité des cannes. Un algorithme général permettant de normaliser les mesures de pression en compensant les variations de température et autres facteurs de mesure est présenté dans l'ISO 18213-2. Dans le cas où les mesurages de pression sont effectués avec un bullage rapide, les détails de l'étape de calcul de la hauteur en fonction de la pression, de cet algorithme de normalisation, sont présentés dans l'Article 4 de la présente partie de l'ISO 18213. L'ISO 18213-4 donne les calculs analogues applicables à un bullage lent. L'ISO 18213-3 donne les procédures pour l'estimation de l'incertitude des déterminations de hauteurs résultantes.

ITEH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

3 Équipement nécessaire, conditions de mesure et modes opératoires

Les mesurages de pression auxquels ce document s'applique sont réalisés soit pour étalonner une cuve, soit pour déterminer le volume de liquide de procédé qu'elle contient. Les mêmes équipements, modes opératoires et étapes de normalisation sont utilisés dans les deux cas. Les composants du système de mesure de pression utilisé pour déterminer la quantité de liquide dans une cuve de procédé sont décrits en détail dans l'Article 4 de l'ISO 18213-1:2007. Les conditions de mesure et les modes opératoires pour la réalisation des mesurages visant à déterminer la hauteur de liquide dans une cuve sont décrits en détail dans l'Article 6 de l'ISO 18213-1:2007.

4 Détermination de la hauteur à partir des mesures de pressions

Comme cela a été remarqué à l'Article 2, plusieurs facteurs peuvent affecter la précision du calcul, basé sur l'Équation (1), pour la détermination de la hauteur à partir de la pression. Des ajustements compensant ces facteurs sont identifiés dans cet article. Voir également les Références [6] et [8].

En prenant en compte l'effet de la pression atmosphérique, l'équation fondamentale pour la détermination de la hauteur de liquide à partir de la pression est déduite de l'Équation (1), selon l'Équation (2)²⁾:

$$gH_{1,M}\rho_M = P_1(H) - P(H_{1,M} + H) \quad (2)$$

où

g est l'accélération locale due à la pesanteur;

ρ_M est la masse volumique moyenne du liquide contenu dans la cuve;

2) L'indice «1» est utilisé dans la présente partie de l'ISO 18213 pour indiquer des quantités qui se rapportent à la canne principale (voir la Figure 1). Les étapes de normalisation des données pour la seconde canne sont complètement analogues.

- $H_{1,M}$ est la hauteur de la colonne de liquide dans la cuve, au-dessus de l'extrémité de la canne (principale) de bullage;
- $P_1(H)$ est la pression à l'extrémité de la canne de bullage (à l'élévation H par rapport au point de référence r_1);
- $P(H_{1,M} + H)$ est la pression ambiante moins la pression des effluents gazeux à la surface du liquide dans le ciel de cuve [à l'élévation ($H_{1,M} + H$) au-dessus du point de référence, r_1].

Il est pratique de prendre le fond de la cuve ou l'extrémité de la canne (principale) de mesure comme point de référence primaire. Si le fond de la cuve est choisi comme point de référence primaire, alors $H = \varepsilon$ dans la nomenclature de la Figure 1. Si l'extrémité de la canne de mesure est choisie comme point de référence primaire, alors $H = 0$. Selon cette dernière convention, l'Équation (2) peut s'écrire selon l'Équation (3):

$$gH_{1,M}\rho_M = P_1(0) - P(H_{1,M}) \quad (3)$$

où

$P_1(0)$ est la pression à l'extrémité de la canne principale;

$P(H_{1,M})$ est la pression ambiante moins la pression des effluents gazeux à la surface du liquide.

Comme indiqué à l'Article 2, il n'est pas possible de mesurer directement les termes de l'Équation (1), ni de mesurer directement les termes de l'Équation (3). En pratique, la différence de pression entre la canne principale et la canne de référence, selon l'Équation (4), est mesurée à l'aide d'un manomètre situé à une certaine élévation, E_1 , au-dessus du point de référence primaire (voir la Figure 1).

$$\Delta P_1 = P_1(E_1) - P_r(E_1) \quad (4)$$

Cependant, la pression aux extrémités de la canne principale et de la canne de référence peut différer de la pression mesurée par le manomètre, et ce en raison

- de la masse du gaz dans les circuits de pression,
- des différences des masses volumiques du gaz (de l'air) dans les circuits de pression et dans le ciel de cuve,
- de la perte de charge dans les circuits de pression,
- des effets de la formation des bulles à l'extrémité de la canne principale, et
- de la tension superficielle et de la pression associées à la formation de bulles à l'extrémité de la canne principale.

Les Équations (5), (6) et (7) donnent les relations de base entre ces facteurs. L'Équation (5) donne la pression à l'extrémité de la canne principale:

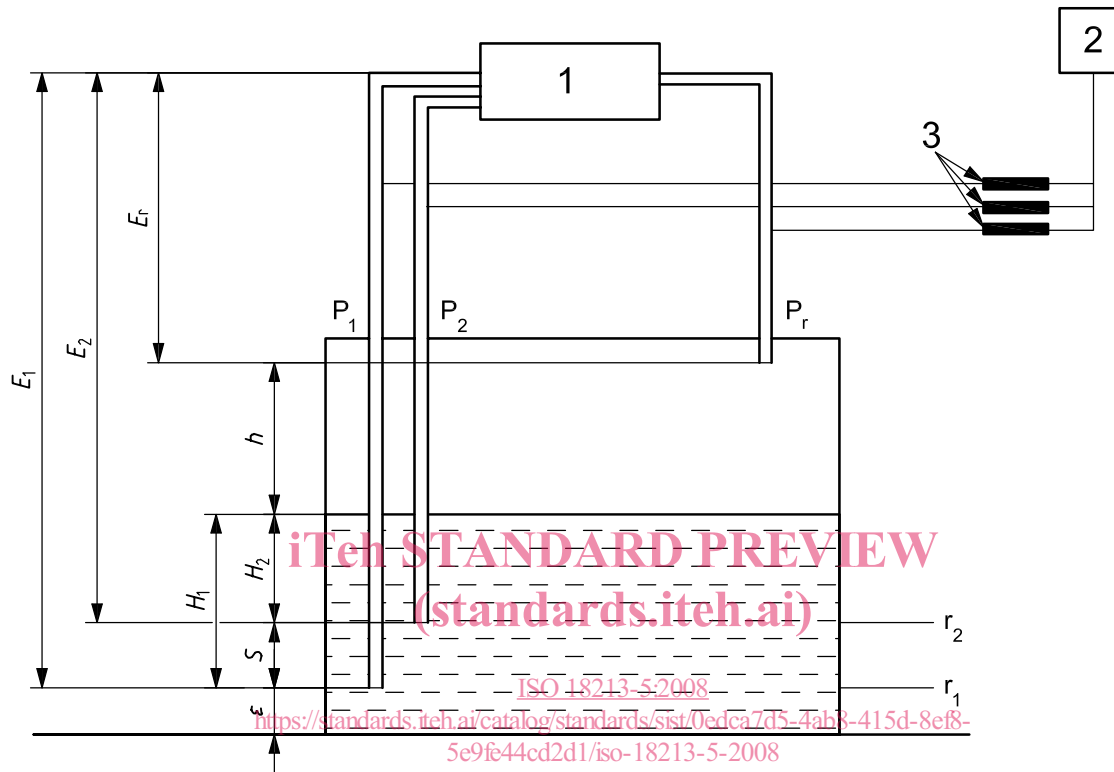
$$P_1(0) = gH_{1,M}\rho_M + g(E_1 - E_r - H_{1,M})\rho_{a,s} + P_r(E_1 - E_r) \quad (5)$$

où

- g est l'accélération locale due à la gravité;
- ρ_M est la masse volumique moyenne du liquide contenu dans la cuve;
- $H_{1,M}$ est la hauteur de liquide dans la cuve par rapport au point de référence primaire, r_1 (l'extrémité de la canne principale);
- E_1 est l'élévation du manomètre au-dessus du point de référence primaire, r_1 ;
- E_r est l'élévation du manomètre au-dessus de l'extrémité de la canne de référence;

$\rho_{a,s}$ est la masse volumique moyenne de l'air dans la cuve, au-dessus de la surface du liquide, à la pression appliquée (pression atmosphérique moins la pression des effluents gazeux).

Le premier terme du membre de droite de l'Équation (5) représente la pression exercée par le liquide de la cuve au-dessus de l'extrémité de la canne principale, le second terme représente la pression exercée par l'air dans la cuve entre la surface du liquide et l'extrémité de la canne de référence, et le dernier terme représente la pression à l'extrémité de la canne de référence.



NOTE Cette configuration est typique, mais d'autres configurations sont possibles, voir des exemples en Référence [11].

Légende

- 1 manomètre
- 2 alimentation en gaz (N₂ ou air)
- 3 débitmètres

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	—
Élévation de la jauge de pression (manomètre) par rapport au point de référence	E ₁	E ₂	E _r
Élévation de la canne de référence par rapport à la surface du liquide	$h = E_1 - E_r - H_1$	$h = E_2 - E_r - H_2$	—
Élévation 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 de mesure de la pression utilisé pour déterminer la quantité de liquide

L'Équation (6) donne la pression au manomètre dans le circuit de la canne principale:

$$P_1(E_1) = P_1(0) + \delta_1 - gE_1\rho_{g,1} + g\lambda(\rho_M - \rho_{g,1}) + 2\sigma/r_b \quad (6)$$

où

- δ_1 est la chute de pression dans le circuit de la canne principale, due à la perte de charge du gaz;
- $\rho_{g,1}$ est la masse volumique moyenne du gaz dans le circuit de la canne principale, à la pression appliquée;
- λ est la distance du point le plus bas de la bulle au-dessous de l'extrémité de la canne principale;
- σ est la tension superficielle à l'interface du liquide et du gaz;
- r_b est le rayon de courbure de la bulle, en son point le plus bas.

Le premier terme du membre de droite de l'Équation (6) représente la pression à l'extrémité de la canne principale; le deuxième terme représente la chute de pression due à la perte de charge du circuit de la canne principale; le troisième terme représente la pression exercée par le gaz dans le circuit de la canne principale; le quatrième terme donne la pression de la colonne de liquide égale en hauteur à la distance moyenne du point le plus bas de la bulle sous l'extrémité de la canne principale et le dernier terme rend compte de la tension superficielle à l'interface entre le liquide de la cuve et le gaz dans le circuit de la canne principale.

Finalement, l'Équation (7) donne la pression, au manomètre, du circuit de la canne de référence:

$$P_r(E_1) = P_r(E_1 - E_r) + \delta_r - gE_r\rho_{g,r} \quad (7)$$

où

- $\rho_{g,r}$ est la masse volumique moyenne du gaz dans le circuit de la canne de référence, à la pression appliquée;
- δ_r est la chute de pression du circuit de la canne de référence, due à la perte de charge du gaz.

Le premier terme du membre de droite de l'Équation (7) représente la pression à l'extrémité de la canne de référence, le terme suivant représente la chute de pression du circuit de la canne de référence due à la perte de charge, et le dernier terme représente la pression exercée par le gaz dans la canne de référence.

Si l'expression pour $P_1(0)$ donnée dans l'Équation (5) est d'abord substituée dans l'Équation (6), puis l'Équation (7) est soustraite de l'Équation (6), l'Équation (8) est obtenue pour le liquide de hauteur $H_{1,M}$:

$$H_{1,M} = [\Delta P_1 + gE_1(\rho_{g,1} - \rho_{a,s}) - gE_r(\rho_{g,r} - \rho_{a,s}) + (\delta_r - \delta_1) - g\lambda(\rho_M - \rho_{g,1}) - 2\sigma/r_b]/[g(\rho_M - \rho_{a,s})] \quad (8)$$

L'expression de $H_{1,M}$ dans l'Équation (8) inclut les ajustements de la pression différentielle mesurée, ΔP_1 , qui prennent en compte tous les facteurs identifiés dans cet article. L'expression est valide à la température de mesure, T_m .

La précision des hauteurs déterminées grâce à l'Équation (8) est limitée par la qualité de la détermination de la masse volumique du liquide mesuré à la température existante. Il est également important de noter que $H_{1,M}$ est la hauteur du liquide dans la cuve uniquement à la température de mesure, T_m . En d'autres termes, $H_{1,M}$ n'est pas la hauteur du même liquide à une autre température.

Certains effets identifiés dans l'Équation (8) peuvent être très petits. Ce sont la capacité du système de mesure de la cuve (par exemple: manomètre) et la précision de mesure nécessaire qui déterminent s'ils doivent être pris en compte dans une situation précise. Un algorithme d'évaluation des quantités de l'Équation (8) est donné dans l'Annexe A. En général, il convient de mesurer ces quantités dès que cela est possible. Cependant, dans des conditions de fonctionnement normal, l'utilisation des valeurs par défaut proposées, à la place des mesures réelles, fournira des résultats acceptables dans quasiment toutes les situations.