
**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**

*Nuclear fuel technology — Tank calibration and volume determination
for nuclear materials accountancy —
Part 4: Accurate determination of liquid height in accountancy tanks
equipped with dip tubes, slow 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 18213-4:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/684d342d-a152-4a66-83a0-604c66290e31/iso-18213-4-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/684d342d-a152-4a66-83a0-604c66290e31/iso-18213-4-2008>



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.....	6
3.1 Généralités	6
3.2 Cuve et système de mesure	6
3.3 Logiciel	6
3.4 Modes opératoires	8
4 Détermination de la hauteur à partir des mesures de pressions	8
4.1 Pression différentielle	8
4.2 Dérive de l'étalonnage des capteurs de pression	9
4.3 Poussée aérostatique.....	9
4.4 Surpression de bullage	10
4.5 Hauteur de liquide.....	11
5 Résultats	11
Annexe A (informative) Estimation des quantités qui affectent la détermination de la hauteur de liquide	13
Annexe B (informative) Surpression de bullage	17
Annexe C (informative) Mode opératoire pour réaliser des mesures de pression.....	19
Bibliographie	21

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 18213-4 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 des matières nucléaires. 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 18213-5 (bullage rapide) 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 très lent est employé. L'ISO 18213-5 donne une procédure similaire adaptée à un bullage rapide.

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 18213-4:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/684d342d-a152-4a66-83a0-604c66290e31/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

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 très lent 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

La 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.

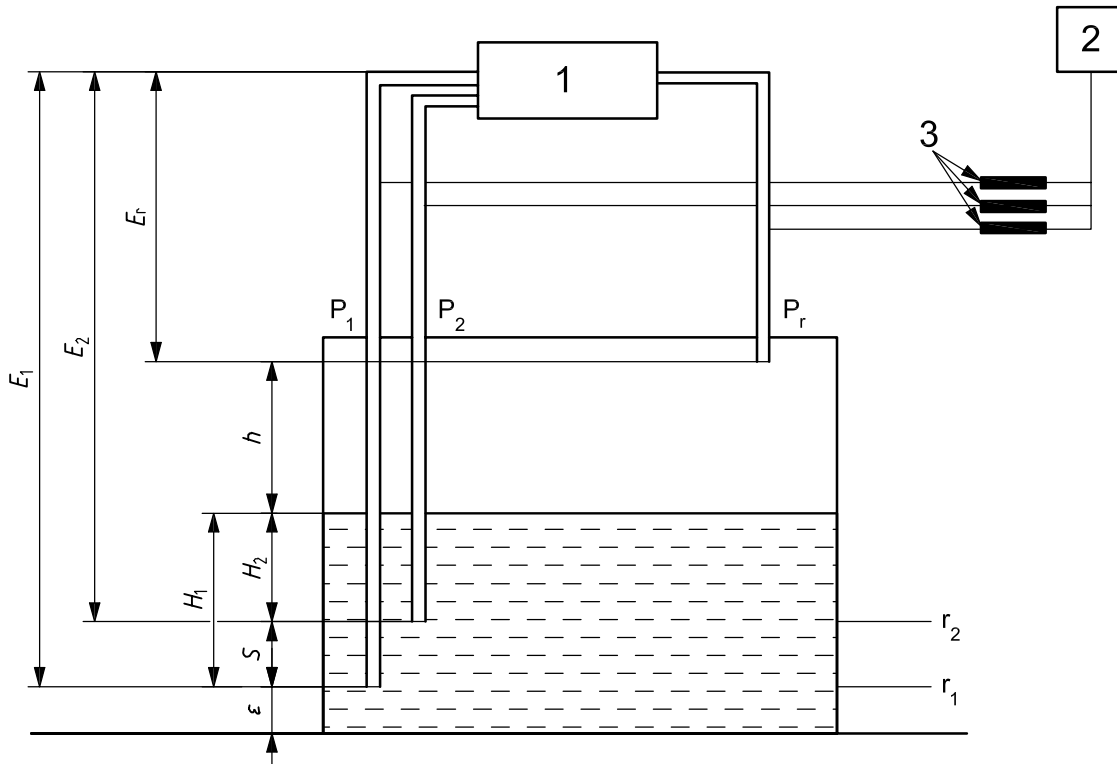
En pratique, ce n'est pas la pression absolue qui est mesurée, mais plutôt la différence de pression entre le bas et le haut de la colonne de liquide. Du gaz est introduit sous pression dans deux cannes pour mesurer cette pression différentielle. L'extrémité de l'une des cannes (la canne principale, 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.

Pour mesurer la pression, P , exercée par une colonne de liquide, il convient que la pression du gaz dans la canne immergée soit mesurée à l'équilibre statique de l'interface gaz-liquide. En pratique, il est impossible de mesurer cette pression directement car il est difficile de maintenir un niveau d'interface gaz-liquide stable et reproductible dans la canne. C'est pourquoi, un système dynamique est utilisé pour réaliser les mesurages dans des conditions aussi proches de l'équilibre que possible. Du gaz est introduit sous pression dans la canne à un débit très faible et constant, et sa pression est mesurée de manière continue. La variation de ces mesures avec le temps (autour d'une valeur centrale) dépend de la fréquence de bullage.

Si le débit de gaz est faible et constant, la pression du gaz à l'extrémité de la canne principale commence par augmenter avec le temps, pendant la formation d'une bulle. L'évacuation d'une bulle depuis l'extrémité de la canne entraîne une soudaine augmentation du niveau de l'interface bulle-liquide à l'extrémité de la canne et une diminution correspondante de la pression. Pour une canne de petit diamètre (moins de 8 mm), la pression atteint un maximum, puis diminue légèrement avant la chute brutale associée à la séparation de la bulle. Pour les cannes de diamètre plus grand (plus de 8 mm), la pression maximale atteinte juste avant la séparation de la bulle peut ne pas être accompagnée d'une diminution mais peut, à la place, montrer une courte période de stabilité relative, suivie d'une chute brutale en réponse à la séparation de la bulle. La dynamique de formation et de séparation des bulles, avec leurs effets sur la pression dans la canne, est présentée aux Figures 2 et 3.

Les mesurages de pression sont réalisés au maximum de pression du cycle de formation et de séparation de la bulle, car c'est le point où la pression est la plus stable. La mesure de la pression maximale entraîne une surpression (une erreur positive), notée $(\delta p)_{\max}$, par rapport à la pression réelle à l'extrémité de la canne. Une formule de calcul de la surpression, $(\delta p)_{\max}$, est donnée en 4.4.

Plusieurs facteurs, outre la surpression de bullage, 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 relevées au manomètre peuvent être induites par la poussée aérostatique et par la masse de gaz dans les circuits 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 très lent, 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 18213-5 donne les calculs analogues applicables à un bullage rapide. L'ISO 18213-3 donne les procédures pour l'estimation de l'incertitude des déterminations de hauteurs résultantes.



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

STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Légende

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

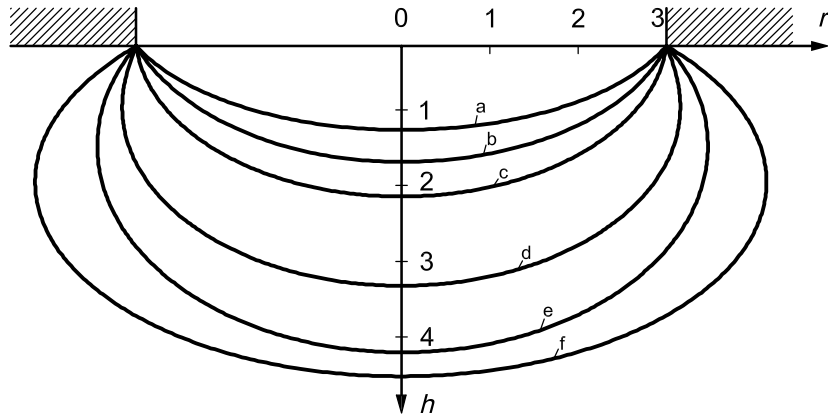
ISO 18213-4:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/684d342d-a152-4a66-83a0-604c66290e31/iso-18213-4-2008>

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	ε + S ^a	—

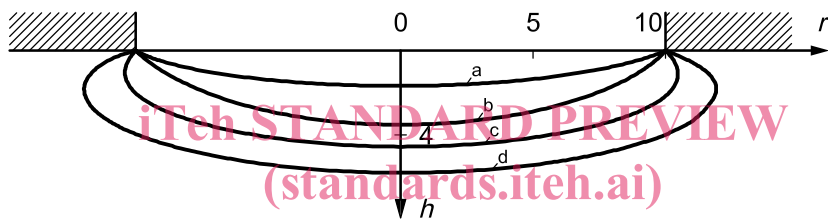
^a Distance verticale (séparation) des cannes: $S = H_1 - H_2$.

Figure 1 — Composants d'un système type de mesurage de la pression utilisé pour déterminer la quantité de liquide



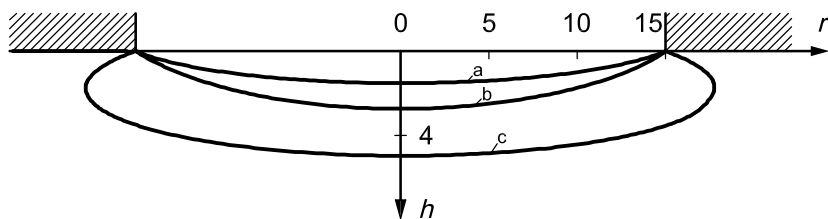
- | | | | |
|---|------------------|---|------------------|
| a | $\Delta P = 3,7$ | d | $\Delta P = 7,1$ |
| b | $\Delta P = 4,8$ | e | $\Delta P = 7,2$ |
| c | $\Delta P = 5,7$ | f | $\Delta P = 7,4$ |

a) Rayon de la canne de bullage, $r = 3$ mm



- | | | | |
|---|------------------|---|------------------|
| a | $\Delta P = 2,0$ | c | $\Delta P = 5,4$ |
| b | $\Delta P = 4,4$ | d | $\Delta P = 5,9$ |

b) Rayon de la canne de bullage, $r = 10$ mm



- | | |
|---|------------------|
| a | $\Delta P = 1,8$ |
| b | $\Delta P = 2,8$ |
| c | $\Delta P = 5,7$ |

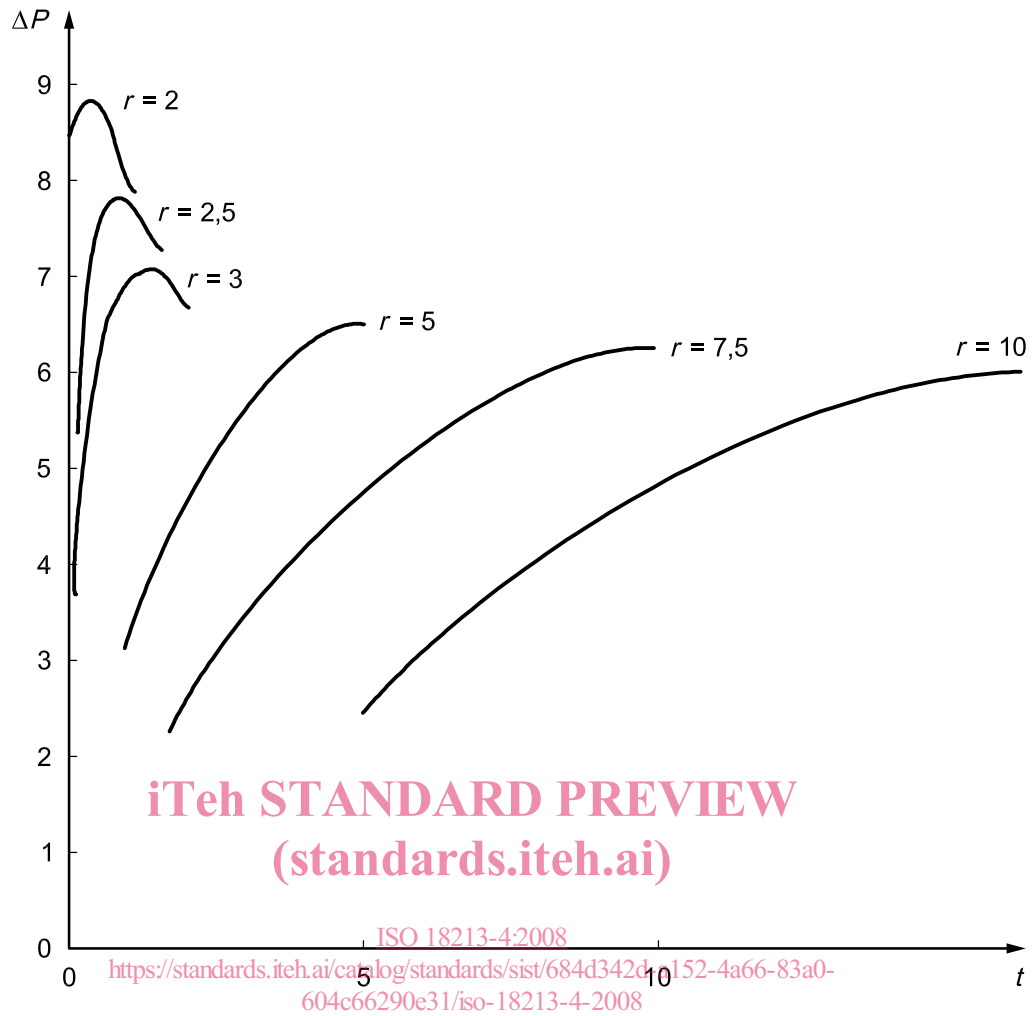
c) Rayon de la canne de bullage, $r = 15$ mm

$\Delta P = \text{mm de H}_2\text{O}$.

Légende

- d rayon de la canne de bullage, mm
- h hauteur de la bulle, mm

Figure 2 — Évolution d'une bulle dans de l'eau

**Légende** t temps, s ΔP surpression, mm de H₂O r rayon de la canne de bullage, mm**Figure 3 — Évolution de la surpression de bullage dans de l'eau**