
**Industrie du pétrole et du gaz naturel —
Ciments et matériaux pour la cimentation
des puits —**

**Partie 4:
Préparation et essais en conditions
ambiantes des laitiers de ciment mousse**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

*Petroleum and natural gas industries — Cements and materials for well
cementing —*

*Part 4: Preparation and testing of foamed cement slurries at
atmospheric pressure*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7ccc9368-58f3-4920-8b5f-9136c9b3df7d/iso-10426-4-2004>



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 10426-4:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7ccc9368-58f3-4920-8bf5-9136c9b3df7d/iso-10426-4-2004)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7ccc9368-58f3-4920-8bf5-9136c9b3df7d/iso-10426-4-2004>

© ISO 2004

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

Version française parue en 2004

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Échantillonnage	1
4 Calculs nécessaires à la préparation du laitier	2
5 Appareillage	5
6 Préparation du laitier de ciment de base	5
7 Préparation du laitier de ciment mousse en conditions ambiantes	6
8 Exemple de calculs pour la préparation en conditions ambiantes de laitier de ciment mousse	8
9 Essais en conditions ambiantes de laitiers de ciment mousse	10
10 Détermination d'autres propriétés du laitier de ciment de base sans mousse	13
Bibliographie	15

ITC STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 10426-4:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7ccc9368-58f3-4920-8bf5-9136c9b3df7d/iso-10426-4-2004)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7ccc9368-58f3-4920-8bf5-9136c9b3df7d/iso-10426-4-2004>

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 10426-4 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 67, *Matériel, équipement et structures en mer pour les industries pétrolière, pétrochimique et du gaz naturel*, sous-comité SC 3, *Fluides de forage et de complétion, et ciments à puits*.

L'ISO 10426 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Industrie du pétrole et du gaz naturel — Ciments et matériaux pour la cimentation des puits*:

- *Partie 1: Spécifications*
- *Partie 2: Essais de ciment pour puits*
- *Partie 3: Essais de formulations de ciment pour puits en eau profonde*
- *Partie 4: Préparation et essais en conditions ambiantes des laitiers de ciment mousse*
- *Partie 5: Détermination du retrait et de l'expansion à la pression atmosphérique des formulations de ciments pour puits*

Introduction

Il est recommandé aux utilisateurs de la présente partie de l'ISO 10426 de garder présent à l'esprit que des exigences additionnelles ou différentes peuvent se révéler nécessaires à des applications individuelles. La présente partie de l'ISO 10426 n'a pas la prétention d'interdire à un vendeur ou à un acheteur, respectivement d'offrir ou d'accepter un matériel de substitution ou des solutions techniques de rechange pour une application individuelle. Cela peut tout particulièrement s'appliquer en cas de disponibilité d'une technologie innovatrice ou de pointe. En présence d'une solution de rechange, il convient que le vendeur identifie tout écart par rapport à la présente Norme internationale et qu'il en fournisse les détails.

Il est recommandé que les ciments ou les mélanges à base de ciments à utiliser pour la préparation en conditions ambiantes de laitiers de ciment mousse conviennent à leur utilisation prévue. D'autres types de ciments comme les ciments à puits de classes ISO, les ciments hautement alumineux, ou d'autres ciments spéciaux peuvent y être assimilés. Il convient que les ciments et les additifs soient conformes aux normes appropriées. À défaut de Normes internationales, il convient d'établir la conformité à d'autres normes appropriées.

Dans la présente partie de l'ISO 10426, les unités couramment utilisées aux États-Unis (USC) sont, dans la mesure du possible, indiquées entre parenthèses pour information.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 10426-4:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7ccc9368-58f3-4920-8b15-9136c9b3df7d/iso-10426-4-2004)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7ccc9368-58f3-4920-8b15-9136c9b3df7d/iso-10426-4-2004>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 10426-4:2004

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7ccc9368-58f3-4920-8bf5-9136c9b3df7d/iso-10426-4-2004>

Industrie du pétrole et du gaz naturel — Ciments et matériaux pour la cimentation des puits —

Partie 4:

Préparation et essais en conditions ambiantes des laitiers de ciment mousse

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 10426 définit les méthodes de préparation et d'essais, en conditions ambiantes, des laitiers de ciment mousse ainsi que des laitiers de ciment de base sans mousse correspondants.

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 10426-2:2003, *Industries du pétrole et du gaz naturel — Ciments et matériaux pour la cimentation des puits — Partie 2: Essais de ciment pour puits*

3 Échantillonnage

3.1 Généralités

Des échantillons de ciment pur ou de mélange de ciment, d'additifs solides et liquides, et d'eau de gâchage sont nécessaires pour soumettre à essai un laitier de ciment mousse conformément à la présente partie de l'ISO 10426. Il y a donc lieu d'utiliser la meilleure technologie d'échantillonnage disponible afin de s'assurer que les matériaux testés sont aussi proches que possible de ceux rencontrés sur le site de forage.

3.2 Méthode

Les techniques d'échantillonnage applicables pour les fluides et les matériaux, utilisés dans les opérations de cimentation faisant appel à un ciment mousse, sont données dans l'ISO 10426-2:2003, Article 4. Si nécessaire, la température de l'eau de gâchage, du ciment ou des mélanges de ciment et des additifs liquides peut être mesurée avec un thermocouple ou un thermomètre capable de mesurer la température avec une exactitude de ± 2 °C ($\pm 3,5$ °F). Il convient de consigner ces températures. Les instruments de mesure de température doivent être étalonnés (s'agissant d'un thermocouple) ou vérifiés une fois par an (s'agissant d'un thermomètre).

4 Calculs nécessaires à la préparation du laitier

4.1 Calcul relatif à la composition du laitier de ciment de base avec et sans surfactant(s)

Le laitier de ciment de base final pour préparer un laitier de ciment mousse contient un ou des surfactants qui ne peut (peuvent) être ajouté(s) au laitier de ciment de base du mélange initial. Cela nécessite le calcul du pourcentage de masse relative (fraction massique) en surfactant(s) dans le laitier de ciment mousse. Ce calcul est effectué en divisant la masse totale du (des) surfactant(s) par la masse totale du laitier de ciment de base. (Pour ces calculs, les additifs correspondent aux matériaux ajoutés au ciment qui ne conduisent pas au moussage).

La fraction massique (pourcentage) du (des) surfactant(s) peut être calculée par la formule suivante:

$$w_s = \left[\frac{m_s}{m_c + m_a + m_s + m_w} \right] \times 100 \quad (1)$$

où

w_s est la fraction massique du (des) surfactant(s), exprimée en pourcentage;

m_s est la masse de surfactant(s), exprimée en grammes;

m_c est la masse du ciment, exprimée en grammes;

m_a est la masse de l'additif (des additifs), exprimée en grammes;

m_w est la masse de l'eau, exprimée en grammes.

Le cas échéant, la masse volumique du laitier sans surfactant (ρ_{bwos}) peut être calculée, en grammes par centimètre cube, par la formule:

$$\rho_{bwos} = \frac{m_c + m_a + m_w}{V_c + V_a + V_w} \quad (2)$$

où

m_c est la masse du ciment, exprimée en grammes;

m_a est la masse de l'additif (des additifs), exprimée en grammes;

m_w est la masse de l'eau, exprimée en grammes;

V_c est le volume absolu du ciment, exprimé en centimètres cubes;

V_a est le volume absolu de l'additif (des additifs), exprimé en centimètres cubes;

V_w est le volume d'eau, exprimé en centimètres cubes.

4.2 Détermination des volumes et de la masse du laitier

4.2.1 Volume du laitier

4.2.1.1 Généralités

Déterminer le volume du laitier de ciment de base sans mousse à utiliser. Le volume total du laitier de ciment de base sans mousse doit contenir le volume du (des) surfactant(s) à ajouter au laitier de ciment de base. Le(s) surfactant(s) est (sont) ajouté(s) après le mélange initial du laitier de ciment de base. Le volume du laitier de ciment de base sans mousse avec les surfactants à placer dans le récipient de mélange peut être déterminé par l'une des deux méthodes de calcul (voir 4.2.1.2 et 4.2.1.3).

4.2.1.2 Teneur connue en gaz

Lorsqu'il s'agit de mousser un laitier avec une fraction volumique spécifique de gaz par volume de laitier (qualité de la mousse), la masse volumique résultante du laitier de ciment mousse doit être déterminée. Cela peut être calculé par la formule:

$$\rho_{fs} = \left(\frac{100 - \varphi_g}{100} \right) \times \rho_{ufss} \quad (3)$$

où

ρ_{fs} est la masse volumique du laitier de ciment mousse, exprimée en kilogrammes par mètre cube (pounds-mass per gallon);

φ_g est la fraction volumique du gaz dans le laitier de ciment mousse final, exprimée en pourcentage;

ρ_{ufss} est la masse volumique du laitier de ciment de base sans mousse avec surfactant(s), exprimée en kilogrammes par mètre cube (pounds-mass per gallon).

4.2.1.3 Masse volumique connue du laitier de ciment mousse

Lorsqu'une masse volumique souhaitée de laitier de ciment mousse est connue [ou après avoir été calculée à l'aide de l'Équation (3)], déterminer la masse, en grammes, de laitier de ciment contenant le(s) surfactant(s) à placer dans le récipient de mélange pour la préparation du laitier de ciment mousse. La masse du laitier de ciment de base sans mousse avec le(s) surfactant(s) peut être calculée par la formule suivante:

$$m_{ufss} = V_{mc} \times \rho_{fs} \quad (4)$$

où

m_{ufss} est la masse du laitier de ciment de base sans mousse avec le(s) surfactant(s) à placer dans le récipient de mélange, exprimée en grammes;

V_{mc} est le volume du récipient de mélange, exprimé en centimètres cubes;

ρ_{fs} est la masse volumique souhaitée du laitier de ciment mousse, exprimée en grammes par centimètre cube.

4.2.2 Masse du (des) surfactant(s) et du laitier

Les masses du (des) surfactant(s) et du laitier de ciment de base nécessaires aux essais sont données par les Équations (5) et (6).

La masse du (des) surfactant(s) à placer dans le mélangeur avec le laitier de ciment de base sans mousse est déterminée de la manière suivante:

$$m_s = m_{ufss} \times \frac{w_s}{100} \quad (5)$$

où

m_s est la masse du (des) surfactant(s), exprimée en grammes;

m_{ufss} est la masse du laitier de ciment de base sans mousse avec un (des) surfactant(s), exprimée en grammes;

w_s est la fraction massique du surfactant, exprimée en pourcentage.

La masse du laitier de ciment de base est déterminée de la manière suivante:

$$m_{ufs} = m_{ufss} - m_s \quad (6)$$

où

- m_{ufs} est la masse du laitier de ciment de base sans mousse sans le(s) surfactant(s), exprimée en grammes;
- m_{ufss} est la masse du laitier de ciment de base sans mousse avec le(s) surfactant(s), exprimée en grammes;
- m_s est la masse du (des) surfactant(s) à ajouter au laitier de ciment de base sans mousse, exprimée en grammes.

NOTE La part en pourcentage de chaque matériau, en fraction massique, a été déterminée en 4.1.

4.2.3 Calculs additionnels

Lorsque la masse volumique du laitier de ciment mousse est connue, la fraction volumique (pourcentage) du gaz peut être calculée selon la formule suivante:

$$\varphi_g = \frac{\rho_{ufss} - \rho_{fs}}{\rho_{ufss}} \times 100 \quad (7)$$

où

- φ_g est la fraction volumique du gaz dans le laitier de ciment mousse final, exprimée en pourcentage;
- ρ_{ufss} est la masse volumique du laitier de ciment de base sans mousse avec le(s) surfactant(s), exprimée en kilogrammes par mètre cube;
- ρ_{fs} est la masse volumique du laitier de ciment mousse, exprimée en kilogrammes par mètre cube.

Le volume du laitier de ciment de base sans mousse peut être calculé par la formule suivante:

$$V_{us} = V_{mc} - \frac{V_{mc} \times \varphi_g}{100} \quad (8)$$

où

- V_{us} est le volume du laitier de ciment de base sans mousse, exprimé en centimètres cubes;
- V_{mc} est le volume du récipient de mélange, exprimé en centimètres cubes;
- φ_g est la fraction volumique du gaz dans le laitier de ciment mousse final, exprimée en pourcentage.

La masse du laitier de ciment de base sans mousse peut être calculée par la formule suivante:

$$m_{ufss} = V_{us} \times \rho_{ufss} \quad (9)$$

où

- m_{ufss} est la masse du laitier de ciment de base sans mousse avec le (les) surfactant(s), exprimée en grammes;
- V_{us} est le volume du laitier de ciment de base sans mousse, exprimé en centimètres cubes;
- ρ_{ufss} est la masse volumique du laitier de ciment de base sans mousse avec le surfactant, exprimée en grammes par centimètre cube.

NOTE Les termes du calcul de la masse volumique figurant dans les Équations (7) et (9) peuvent être exprimés en kg/m^3 ou en g/cm^3 .

5 Appareillage

5.1 Récipient de mélange, disposant d'un couvercle étanche, pour la préparation de laitier de ciment mousse dans des conditions de pression ambiante en laboratoire (voir Figure 1).

Le récipient de mélange est identique à celui utilisé pour la préparation de laitier ordinaire, hormis le fait qu'il est équipé d'un couvercle qui se visse et comportant un joint torique d'étanchéité. Le couvercle comporte en son centre un petit orifice [$\pm 19 \text{ mm}$ ($\pm 0,75 \text{ in}$) de diamètre] muni d'un bouchon amovible ayant un orifice de mise à l'air libre. Un récipient de mélange classique non équipé d'un joint d'étanchéité ne peut pas servir à réaliser ces essais.

5.2 Ensemble mélangeur à palette(s), soit une palette unique de mélange telle que fournie par le fabricant, soit des palettes multiples étagées.

Les essais réalisés à ce jour n'ont pas permis de constater une différence significative entre les laitiers mélangés à l'aide des deux ensembles mélangeurs à palette unique et à palettes multiples, dans le récipient de mélange étanche.

5.2.1 Ensemble mélangeur à palette unique, conforme à l'ISO 10426-2:2003, Article 5.

5.2.2 Ensemble mélangeur à palettes multiples (étagées), série de sous-ensembles, chaque palette répondant aux exigences de l'ISO 10426-2:2003, Article 5 (voir Figure 1).

L'ensemble comprend cinq palettes ordinaires fixées à une tige centrale et équidistantes sur toute la longueur de la tige.



Figure 1 — Récipient de mélange type et spécial et ensemble mélangeur à palettes multiples

6 Préparation du laitier de ciment de base

6.1 Détermination du volume du récipient de mélange

Cette méthode suppose que le laitier de ciment de base, tel que décrit en 4.1, ait été préparé dans un récipient de mélange distinct et que ce laitier préparé soit pesé dans le récipient de mélange ayant un couvercle étanche. Une détermination exacte du volume du récipient de mélange est cruciale pour ce mode opératoire. Les calculs concernant le volume du laitier, la masse volumique et le rapport gaz/laitier de ciment mousse se fondent sur la détermination du volume de ce récipient, comme suit.