

---

---

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

**Partie 6:  
Méthodes de détermination de la force du  
gel statique des formulations de ciment**

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

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

*Part 6: Methods for determining the static gel strength of cement  
formulations*

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/01096a5b-2c15-4ab1-9472-  
e3f99ed7c542/iso-10426-6-2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/01096a5b-2c15-4ab1-9472-e3f99ed7c542/iso-10426-6-2008)



**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 10426-6:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/01096a5b-2c15-4ab1-9472-e3f99ed7c542/iso-10426-6-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/01096a5b-2c15-4ab1-9472-e3f99ed7c542/iso-10426-6-2008>



**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](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Version française parue en 2010

Publié en Suisse

**Sommaire**

Page

<b>1</b>	<b>Domaine d'application .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Références normatives .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Termes et définitions .....</b>	<b>1</b>
<b>4</b>	<b>Échantillonnage .....</b>	<b>2</b>
<b>5</b>	<b>Préparation .....</b>	<b>2</b>
<b>6</b>	<b>Méthode d'essai utilisant un appareil rotatif pour la détermination de la force du gel statique .....</b>	<b>3</b>
<b>7</b>	<b>Méthode d'essai utilisant un appareil à ultrasons pour la détermination de la force du gel statique .....</b>	<b>4</b>
<b>8</b>	<b>Méthode d'essai utilisant un appareil à rotation intermittente pour la détermination de la force du gel statique .....</b>	<b>6</b>
	<b>Annexe A (informative) Force critique du gel statique — Informations supplémentaires .....</b>	<b>9</b>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 10426-6:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/01096a5b-2c15-4ab1-9472-e3f99ed7c542/iso-10426-6-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/01096a5b-2c15-4ab1-9472-e3f99ed7c542/iso-10426-6-2008>

## 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 10426-6 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 *Industries 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*
- *Partie 6: Méthodes de détermination de la force du gel statique des formulations de ciment*

## Introduction

La caractérisation du développement de la force du gel statique (SGS, *static gel-strength*) d'un coulis de ciment (communément appelé laitier de ciment) est un paramètre de conception important dans des environnements de cimentation spécifiques. Ceux-ci incluent l'atténuation des venues d'eau de faible profondeur, des opérations de bouchage et, dans certaines circonstances, de venues dans les annulaires. La détermination des caractéristiques de force du gel d'un coulis de ciment permet à l'utilisateur de s'assurer que la formulation du ciment est adaptée à un usage prévu particulier. Dans le passé, la SGS d'un coulis de ciment était déterminée par une méthode utilisant un viscosimètre rotatif de type Couette. Plus récemment, des instruments spéciaux, parmi lesquels un appareil rotatif, un appareil à rotation intermittente et un appareil à ultrasons, ont été utilisés pour mesurer le développement de la force du gel statique d'un coulis de ciment. La présente partie de l'ISO 10426 fournit un protocole d'essai permettant de déterminer la SGS en utilisant ces trois types d'instruments.

Il est nécessaire de noter que, du fait des différences de taille des échantillons, de configuration des appareillages et de méthode de détermination de la SGS, les résultats obtenus par les trois types d'instruments décrits dans la présente partie de l'ISO 10426 peuvent varier de manière sensible.

**ATTENTION — Il est nécessaire de faire preuve de prudence lorsque les résultats d'essais de développement de la force du gel statique sont utilisés comme seul ou principal paramètre technique pour la conception d'un coulis de ciment ou pour son évaluation technique.**

Dans la présente partie de l'ISO 10426, pour plus de commodité, à titre d'information, les unités couramment utilisées aux États-Unis (USC) sont indiquées entre parenthèses. Les unités ne représentent pas nécessairement une conversion directe des unités SI en unités USC, ou inversement. Une grande attention a été portée sur la précision des instruments effectuant les mesures. Par exemple, les thermomètres sont normalement gradués tous les degrés, les températures ont ainsi été arrondies au degré le plus proche.

Dans la présente partie de l'ISO 10426, étalonner un instrument revient à garantir l'exactitude de la mesure. L'exactitude est le degré de conformité d'une grandeur à sa valeur réelle ou vraie. L'exactitude est liée à la fidélité ou à la reproductibilité d'une mesure. La fidélité est le degré auquel de nouvelles mesures ou de nouveaux calculs donneront des résultats identiques ou similaires. La fidélité se caractérise en termes d'écart-type des mesures. Les résultats d'un calcul ou d'une mesure peuvent être exacts mais pas fidèles, ils peuvent être fidèles mais inexacts, ou fidèles et exacts, ou encore ni l'un ni l'autre. Un résultat est valide s'il est à la fois exact et fidèle.

L'Annexe A de la présente partie de l'ISO 10426 est donnée pour information uniquement.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 10426-6:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/01096a5b-2c15-4ab1-9472-e3f99ed7c542/iso-10426-6-2008>

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

## Partie 6: Méthodes de détermination de la force du gel statique des formulations de ciment

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 10426 spécifie les exigences et fournit des méthodes d'essai permettant de déterminer la force du gel statique (SGS, *static gel-strength*) des coulis de ciment et des matériaux apparentés dans des conditions de puits simulées.

### 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 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 10426, les termes et définitions suivants s'appliquent.

#### 3.1

##### pression de fond

**BHP** (*bottom-hole pressure*)

pression hydrostatique au fond du puits, calculée à partir de la valeur vraie de la profondeur verticale et des masses volumiques des fluides dans le puits

#### 3.2

##### température de fond de circulation

**BHCT** (*bottom-hole circulating temperature*)

température maximale rencontrée dans un puits pendant la mise en place du coulis de ciment

#### 3.3

##### période critique de force du gel statique

**CSGSP** (*critical static gel-strength period*)

intervalle de temps requis pour que le ciment évolue de la valeur de force critique du gel statique à une force du gel statique de 250 Pa (500 lbf/100 ft<sup>2</sup>)

### 3.4

#### force critique du gel statique

##### CSGS (*critical static gel-strength*)

force spécifique du gel statique d'un ciment dans lequel l'équilibre hydrostatique est atteint entre la transmission de la pression hydrostatique décroissante de la colonne de ciment (et des autres fluides contenus dans l'annulaire) et la pression de pore de la formation

Voir Annexe A.

NOTE La force critique du gel statique est mesurée en pascals ou en newtons par mètre carré (livres-force par 100 pieds carrés).

### 3.5

#### force du gel statique

##### SGS (*static gel-strength*)

mesure de la résistance au cisaillement (contrainte de cisaillement) déduite de la pression requise pour déplacer un fluide gélifié dans un tubulaire ou un annulaire de longueur et de géométrie connues

NOTE La force du gel statique est mesurée en pascals ou en newtons par mètre carré (livres-force par 100 pieds carrés).

## 4 Échantillonnage

### 4.1 Généralités

Des échantillons du ciment sec ou du mélange de ciment, des additifs solides et liquides et de l'eau de gâchage sont nécessaires pour soumettre à essai un coulis conformément à la présente partie de l'ISO 10426. En conséquence, il convient d'employer la meilleure technologie d'échantillonnage disponible pour assurer que les conditions et les matériaux d'essai en laboratoire correspondent aussi étroitement que possible à ceux rencontrés à l'emplacement du puits.

### 4.2 Méthode

L'Article 4 de l'ISO 10426-2:2003 décrit les techniques d'échantillonnage applicables pour le ciment sec ou le mélange de ciment, les additifs solides et liquides et l'eau de gâchage utilisés dans des opérations de cimentation types. Si nécessaire, la température de l'eau de gâchage, du ciment ou du mélange de ciment et des additifs liquides peut être mesurée à l'aide d'un thermocouple ou d'un thermomètre capable de mesurer la température avec une exactitude de  $\pm 2^\circ\text{C}$  ( $\pm 3^\circ\text{F}$ ). Il convient d'enregistrer ces températures. Les instruments de mesure de la température doivent être étalonnés (dans le cas d'un thermocouple) au moins une fois par trimestre ou vérifiés (dans le cas d'un thermomètre) une fois par an.

NOTE Une description de dispositifs d'échantillonnage couramment utilisés est donnée sur la Figure 1 de l'ISO 10426-2:2003.

## 5 Préparation

Préparer les échantillons conformément à l'Article 5 de l'ISO 10426-2:2003. Il convient que la température de laboratoire de l'échantillon de ciment et de l'eau de gâchage corresponde, à  $\pm 2^\circ\text{C}$  ( $\pm 3^\circ\text{F}$ ) près, à la température respective prévue à l'emplacement du puits. Si les conditions sur le terrain sont inconnues, la température de l'eau de gâchage et du ciment sec doivent être de  $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  ( $73^\circ\text{F} \pm 3^\circ\text{F}$ ) immédiatement avant le mélange.

Lorsque de grands volumes de coulis sont nécessaires, une autre méthode de préparation du coulis est décrite à l'Article A.1 de l'ISO 10426-2:2003.

NOTE La masse volumique du coulis de ciment peut être vérifiée par les méthodes décrites à l'Article 6 de l'ISO 10426-2:2003.



## 6 Méthode d'essai utilisant un appareil rotatif pour la détermination de la force du gel statique

### 6.1 Appareillage

L'appareillage comporte une enceinte sous pression qui peut être chauffée et pressurisée conformément à un programme d'essai simulant une opération de cimentation. La SGS est calculée à partir du couple requis pour faire tourner une pale de géométrie connue à très faible vitesse. Pendant la phase de brassage de l'essai, la pale tourne normalement à une vitesse continue de 0,000 009 2 r/s (0,2°/min). Le brassage initial visant à simuler la mise en place dans le puits est généralement effectué à 2,5 r/s  $\pm$  0,25 r/s (150 r/min  $\pm$  15 r/min). L'appareillage rotatif de détermination de la force du gel statique doit être étalonné conformément aux instructions du fabricant. Pendant la période d'essai, la température et la pression du coulis contenu dans la cellule d'essai sont augmentées conformément au programme d'essai de simulation de puits approprié (voir 6.2.2). Déterminer la température du coulis de ciment à l'aide d'un thermocouple «spécial» de type J selon la classification de l'ASTM E220, placé au centre de la cellule d'essai. Le système de mesure de la température doit être étalonné à une exactitude de  $\pm 2$  °C ( $\pm 3$  °F). Cette opération doit être réalisée au moins une fois par trimestre.

NOTE Selon le type de coulis, il peut s'avérer nécessaire de modifier la vitesse de rotation de l'appareil. La plage admissible de vitesses de rotation de l'appareil est comprise entre 0,000 006 9 r/s (0,15°/min) et 0,000 023 1 r/s (0,5°/min).

### 6.2 Mode opératoire d'essai

**6.2.1** Si un temps de mélange sur bac est prévu pour l'opération, il convient que ce temps soit inclus dans le programme d'essai. Il convient que le coulis soit exposé aux conditions de température prévues pendant le temps de mélange sur bac. Lors de cette étape, la pression doit être la pression atmosphérique. Le brassage est généralement maintenu à 2,5 r/s  $\pm$  0,25 r/s (150 r/min  $\pm$  15 r/min). En l'absence de temps de mélange sur bac, ignorer cette étape.

**6.2.2** Calculer le temps prévu pour atteindre le fond et le temps de mise en place requis pour déplacer le ciment jusqu'à la zone d'intérêt. Porter progressivement le coulis de ciment à la température de fond de circulation (BHCT) et à la pression de fond (BHP) dans le temps prévu pour atteindre le fond. Le coulis est ensuite porté à la température de circulation et à la pression de la zone d'intérêt. Lors de la simulation de la mise en place, la température et la pression doivent être maintenues à  $\pm 3$  °C ( $\pm 6$  °F) et  $\pm 2$  MPa ( $\pm 300$  psi) de la température et de la pression cibles appropriées en fonction du temps écoulé. Durant les 10 min qui précèdent la fin de la rampe, la température et la pression doivent être maintenues à  $\pm 1$  °C ( $\pm 2$  °F) et  $\pm 0,7$  MPa ( $\pm 100$  psi) des valeurs spécifiées. Lorsque la température de circulation au niveau de la zone d'intérêt est atteinte, maintenir la température et la pression spécifiées pendant 5 min  $\pm$  30 s pour permettre à la température de se stabiliser. Le brassage est généralement maintenu à 2,5 r/s  $\pm$  0,25 r/s (150 r/min  $\pm$  15 r/min). La durée de la rampe pour atteindre la température de circulation et la pression au niveau de la zone d'intérêt est le temps de mise en place prévu moins le temps prévu pour atteindre le fond. Dans les cas où une période prolongée de fluidité de coulis est prévue, la température d'essai peut être augmentée jusqu'à la BHCT en 240 min après que la température de circulation au niveau de la zone d'intérêt a été atteinte.

NOTE Pendant la période de brassage aux vitesses de rotation prescrites par l'ISO, l'essai donne une indication de la consistance du coulis. Il ne s'agira pas de la consistance exacte du coulis, car la pale ne répond pas aux dimensions prescrites par l'ISO pour une pale de brassage utilisée pour déterminer le temps de pompabilité d'un coulis.

**6.2.3** Pour la détermination de la SGS, à la fin de la simulation de mise en place du coulis, la vitesse de rotation est modifiée pour passer de la valeur type de 2,5 r/s  $\pm$  0,25 r/s (150 r/min  $\pm$  15 r/min) à 0,000 009 2 r/s (0,2°/min) ou toute autre vitesse de rotation admissible. Maintenir la température de circulation et la pression au niveau de la zone d'intérêt. Pendant la détermination de la SGS, la température et la pression doivent être maintenues à  $\pm 1$  °C ( $\pm 2$  °F) et  $\pm 0,7$  MPa ( $\pm 100$  psi) des valeurs cibles.

**6.2.4** Enregistrer la SGS initiale et le temps écoulé lorsque l'échantillon est placé en mode de détermination de la SGS depuis la simulation de mise en place précédente. Enregistrer le temps pour atteindre une SGS de 50 Pa (100 lbf/100 ft<sup>2</sup>), 100 Pa (200 lbf/100 ft<sup>2</sup>), 150 Pa (300 lbf/100 ft<sup>2</sup>), 200 Pa (400 lbf/100 ft<sup>2</sup>) et 250 Pa (500 lbf/100 ft<sup>2</sup>). Le cas échéant, déterminer la période critique de force du gel statique (CSGSP) en