

---

---

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

**Partie 5:  
Détermination du retrait et de l'expansion  
à la pression atmosphérique des  
formulations de ciments pour puits**

**(standards.iteh.ai)**

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

*ISO 10426-5:2004*

*Part 5: Determination of shrinkage and expansion of well cement  
formulations at atmospheric pressure*



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

ISO 10426-5:2004

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/60e26810-04e4-4458-a1b5-00f6bad5b7b4/iso-10426-5-2004>



### DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

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

Version française parue en 2013

Publié en Suisse

**Sommaire**

Page

<b>Avant-propos .....</b>	<b>iv</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>v</b>
<b>1     <b>Domaine d'application .....</b></b>	<b>1</b>
<b>2     <b>Références normatives .....</b></b>	<b>1</b>
<b>3     <b>Termes et définitions .....</b></b>	<b>1</b>
<b>4     <b>Echantillonnage.....</b></b>	<b>1</b>
<b>5     <b>Détermination du retrait ou de l'expansion à la pression atmosphérique sous conditions d'accès libre d'eau — Essai en anneau annulaire .....</b></b>	<b>2</b>
<b>6     <b>Détermination du retrait apparent ou de l'expansion apparente en conditions imperméables et à la pression atmosphérique — Essai en membrane .....</b></b>	<b>9</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>13</b>

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

[ISO 10426-5:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/60e26810-04e4-4458-a1b5-00f6bad5b7b4/iso-10426-5-2004)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/60e26810-04e4-4458-a1b5-00f6bad5b7b4/iso-10426-5-2004>

## 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 technique 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 10426-5 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: Spécification*
- *Partie 2: Essais de ciments 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

Les variations dimensionnelles des ciments pour puits de pétrole et de gaz après mise en place, phénomènes souvent désignés par le terme de retrait (lorsque la variation dimensionnelle correspond à une diminution du volume du ciment) sont souvent utilisées pour expliquer divers phénomènes relatifs aux puits, y compris:

- un microannulaire, entraînant une mauvaise adhérence, ce que montrent les diagraphies de cimentation;
- une communication interzonale, entraînant des réparations coûteuses;
- un manque d'étanchéité hydraulique lors de l'utilisation de garnitures d'étanchéité («packers») gonflables au ciment.

Des tentatives ont été faites pour trouver des additifs qui diminuent le retrait du ciment (le retrait étant une caractéristique essentielle du ciment Portland). A ce jour, la meilleure solution apportée au retrait a été l'identification d'additifs qui favorisent l'expansion du ciment. Toutefois, même en cas d'expansion du ciment, il sera toujours sujet à un retrait interne. Dans ce cas, l'expansion apparente de l'échantillon de ciment se superpose simplement au retrait interne qui affecte la porosité de l'échantillon.

Le retrait et l'expansion du ciment proviennent de la formation de produits d'hydratation ayant une masse spécifique différente de la masse spécifique combinée des composants de la réaction. Cela peut entraîner:

- une variation du volume des pores;
- une variation de la pression des pores;
- une variation des dimensions de l'échantillon;
- une variation de la contrainte interne.

Dans une cellule fermée indéformable, le volume des produits de l'hydratation est inférieur à celui des composés secs et de l'eau. La variation du volume des produits de l'hydratation sera désignée par le terme de retrait d'hydratation interne. La variation des dimensions de l'échantillon sera désignée par le terme de retrait apparent ou d'expansion. Le retrait apparent et l'expansion du ciment désignent le résultat du mesurage de la variation des dimensions linéaires ou du volume. Le volume auquel sont rapportées toutes les variations de volume est celui du laitier immédiatement après mélange et mise en place dans l'équipement expérimental.

Dans cette partie de l'ISO 10426, les unités sont données en SI, et, pour des raisons pratiques, les unités couramment utilisées aux Etats-Unis sont données entre parenthèses pour information.

Il convient que les utilisateurs de cette partie de l'ISO 10426 prennent conscience que des exigences différentes ou complémentaires peuvent se révéler nécessaires à des applications particulières. La présente partie de l'ISO 10426 n'a pas pour but d'interdire à un vendeur d'offrir, ou à un acheteur d'accepter un matériel de substitution ou des solutions techniques de rechange pour une application particulière. Cela peut tout particulièrement s'appliquer lorsqu'existe une technologie innovante ou de pointe. Lorsqu'une autre solution est proposée, il convient que le vendeur identifie toute différence par rapport à la présente Norme internationale et qu'il en fournisse les détails.

La présente partie de l'ISO 10426 repose sur le rapport technique 10TR 2<sup>[1]</sup> de l'API.

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

ISO 10426-5:2004

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/60e26810-04e4-4458-a1b5-00f6bad5b7b4/iso-10426-5-2004>

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

## Partie 5:

# Détermination du retrait et de l'expansion à la pression atmosphérique des formulations de ciments pour puits

## 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 10426 fournit les méthodes d'essai des formulations de ciments pour puits afin de déterminer les variations de dimensions au cours du processus de vieillissement (hydratation du ciment), à la pression atmosphérique uniquement. Il s'agit d'un document de base, car, dans les conditions réelles de cimentation des puits, le retrait et l'expansion se produisent sous pression et dans des conditions d'environnement différentes.

## 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables à 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 ciments pour puits*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

### 3.1

#### **expansion apparente**

augmentation du volume ou des dimensions externes d'un échantillon de ciment

### 3.2

#### **retrait apparent**

diminution du volume ou des dimensions externes d'un échantillon de ciment

### 3.3

#### **retrait d'hydratation**

différence de volume entre les produits d'hydratation et le volume du ciment sec, des additifs et de l'eau

## 4 Échantillonnage

### 4.1 Généralités

Des échantillons du ciment pur ou du mélange de ciment, des additifs solides et liquides, et de l'eau de mélange 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 technique d'échantillonnage disponible afin de s'assurer que les conditions d'essai et les matériaux du laboratoire soient le plus proche possible de ceux

trouvés sur le chantier. Quelques dispositifs d'échantillonnage couramment utilisés sont présentés dans l'ISO 10426-2:2003, Figure 1.

## 4.2 Méthode

Les techniques d'échantillonnage applicables pour les fluides et les matériaux utilisés sont spécifiées dans l'ISO 10426-2:2003, Article 4.

## 5 Détermination du retrait ou de l'expansion à la pression atmosphérique sous conditions d'accès libre d'eau — Essai en anneau annulaire

### 5.1 Information générale

Le moule d'expansion annulaire est un dispositif uniquement adapté au mesurage des propriétés de retrait apparent linéaire ou d'expansion d'une formulation de ciment. L'ampleur de l'expansion dépend de la quantité d'agent d'expansion, du ciment poudre, de la conception du coulis de ciment et des conditions de vieillissement (pression, température, temps, accès aux fluides). Il convient de remarquer que l'expansion est fortement influencée par les conditions aux limites. Le processus chimique de croissance cristalline est fortement contrôlé par le niveau de contraintes, et la croissance des cristaux minéraux aura tendance à se produire à l'endroit où la valeur des contraintes est la plus basse, c.à.d. dans l'espace poral ou dans les espaces vides. Le degré de retrait et d'expansion du ciment dépend toutefois d'un certain nombre de conditions, dont toutes ne peuvent être définies de façon distincte. L'essai ne représente pas complètement l'annulaire d'un puits.

### 5.2 Appareillage

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

#### 5.2.1 Moule

##### 5.2.1.1 Généralités

Utiliser un matériau résistant à la corrosion (par ex. un acier inoxydable). Le diamètre externe (OD) de l'anneau interne doit être de 50,8 mm (2 in) et le diamètre interne (ID) de l'anneau d'expansion externe doit être de 88,9 mm (3,5 in). Voir les Figures 1, 2 et 3.



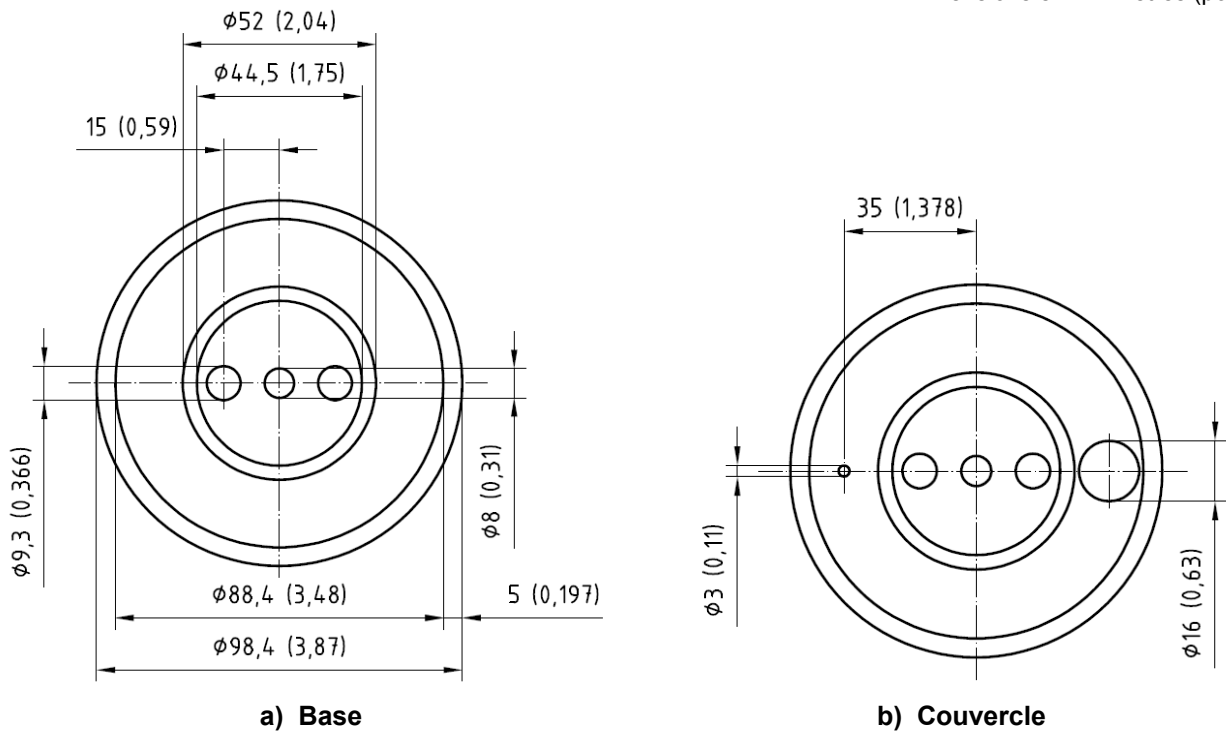
Figure 1 — Assemblage de moule typique (vue de dessus)



Figure 2 — Assemblage de moule typique (vue latérale)



Dimensions en millimètres (pouces)



iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

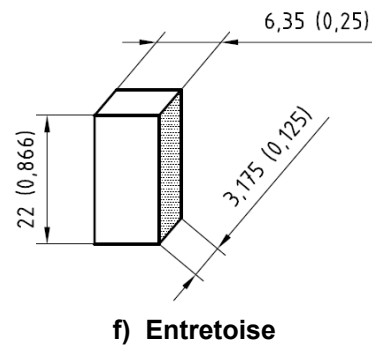
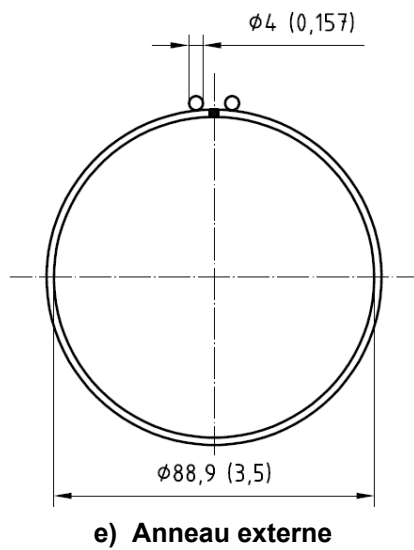
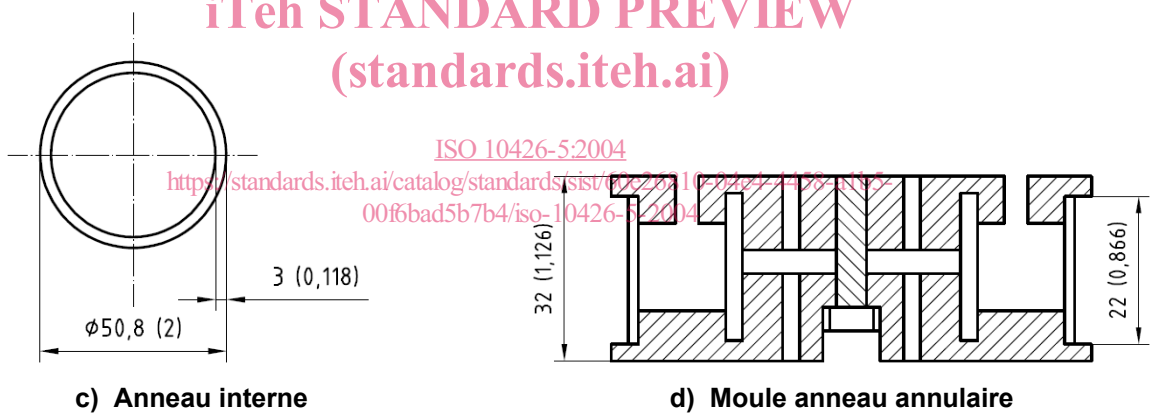


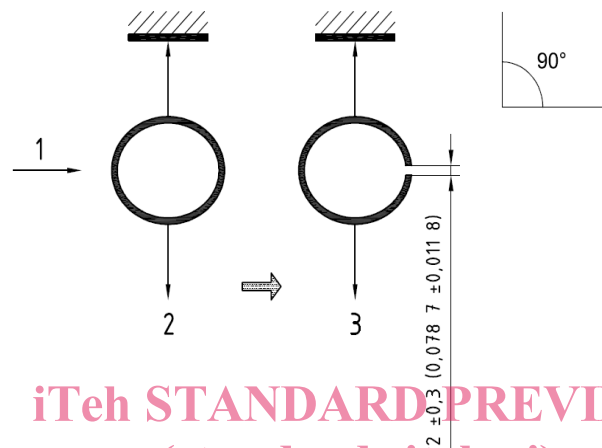
Figure 3 — Schéma des pièces d'un assemblage de moule typique

5.2.1.2 Etalonnage du moule

La résilience de l'anneau du moule doit être étalonnée annuellement. La résilience doit être telle que la masse de 1 000 g ± 1 g (2,204 6 lb ± 0,002 lb), appliquée telle qu'en Figure 4, doit augmenter la distance entre les deux billes de mesure en acier (voir Figure 9) de 2 mm ± 0,3 mm (0,078 7 in ± 0,011 8 in) sans déformation permanente.

Il faut s'assurer, avec une attention toute particulière, que la charge est appliquée perpendiculairement à l'interstice (90°) afin d'éviter des erreurs, qui peuvent être facilement faites. Les lectures doivent être répétées au moins trois fois afin d'obtenir une valeur moyenne avec un écart type de 0,05 mm (0,002 in).

Dimensions en millimètres



iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

Légende

- 1 anneau [ISO 10426-5:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/60e26810-04e4-4458-a1b5-00f6bad5b7b4/iso-10426-5-2004)
- 2 masse, 0 g [https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/60e26810-04e4-4458-a1b5-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/60e26810-04e4-4458-a1b5-00f6bad5b7b4/iso-10426-5-2004)
- 3 masse, 1 000 g ± 1 g (2,204 6 lb ± 0,002 lb) [00f6bad5b7b4/iso-10426-5-2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/60e26810-04e4-4458-a1b5-00f6bad5b7b4/iso-10426-5-2004)

Figure 4 — Schéma d'un mesurage d'étalonnage de l'anneau — Essai de résilience

5.2.1.3 Entretoise

L'entretoise doit être utilisée seulement dans le cas d'un mesurage du retrait. Elle est utilisée pour augmenter légèrement le diamètre de l'anneau externe avant de verser le coulis et pour mesurer le retrait en l'enlevant une fois que le ciment commence à prendre. Les dimensions de l'entretoise doivent être de 3,175 mm × 3,175 mm et de 6,35 mm × 6,35 mm (0,125 in × 0,125 in et de 0,25 in × 0,25 in) et de 22,0 mm (0,866 in) en hauteur; voir Figure 3. Il convient que l'entretoise soit faite du même matériau que le moule (par ex. en acier inoxydable), pour s'assurer que les propriétés d'expansion thermique de l'entretoise soient identiques à celles de l'anneau externe expansible.

5.2.2 Bain-marie de vieillissement

Un bain de vieillissement ou un bac dont les dimensions permettent une immersion complète du (des) moule(s) dans l'eau et qui peut être maintenu à ± 2 °C (± 3 °F) de la température d'essai prescrite doit être employé. Le bain de vieillissement est un appareil (bain) à la pression atmosphérique destiné au vieillissement d'échantillons jusqu'à une température de 88 °C (190 °F). Il doit être équipé d'un agitateur ou d'un système de circulation.

5.2.3 Bain de refroidissement

Les dimensions du bain de refroidissement doivent être telles que l'échantillon à refroidir à partir de la température de vieillissement, puisse être complètement immergé dans l'eau maintenue à 27 °C ± 3 °C (80 °F ± 5 °F).

## 5.2.4 Système de mesurage de la température

Le système de mesurage de la température doit être étalonné avec une précision de  $\pm 1$  °C ( $\pm 2$  °F). Un étalonnage mensuel, au minimum, devra être réalisé. Le mode opératoire décrit dans l'Annexe A de l'ISO 10426-2:2003, est couramment utilisé.

### 5.2.4.1 Thermomètre

Il convient d'utiliser un thermomètre ayant une échelle de mesure incluant 21 °C à 100 °C (70 °F à 212 °F) avec des graduations minimales n'excédant pas 1 °C (2 °F).

### 5.2.4.2 Thermocouple

Il convient d'utiliser un thermocouple ayant une échelle de mesure appropriée.

## 5.2.5 Consistomètre

Un consistomètre atmosphérique doit être utilisé pour brasser et conditionner le coulis de ciment. Le consistomètre atmosphérique se compose d'une cellule à coulis cylindrique rotative, munie essentiellement d'un assemblage fixe de pale, et placée dans un bain à température régulée. Le consistomètre doit être capable de maintenir la température du bain à  $\pm 2$  °C ( $\pm 3$  °F) de la température d'essai et de faire tourner la cuve à coulis à une vitesse de 2,5 r/s  $\pm$  0,25 r/s (150 rpm  $\pm$  15 rpm) pendant le temps de brassage et de conditionnement du coulis. La pale et tous les éléments de la cuve en contact avec le coulis doivent être construits dans un matériau résistant à la corrosion (voir l'ISO 10426-1:2000).

## 5.3 Mode opératoire

### 5.3.1 Préparation du moule

Les moules assemblés doivent être étanches à l'eau pour éviter les fuites. Les faces intérieures des moules et les surfaces de contact des plaques peuvent être légèrement enduites d'un agent de démoulage. Sinon, les faces intérieures des moules et les surfaces de contact des plaques doivent être conservées propres et sèches. Dans le cas d'un essai de retrait, placer l'entretoise dans la fente de l'anneau externe. Préparer les moules comme suit:

- a) nettoyer soigneusement le moule;
- b) mettre un peu de graisse sur les plaques supérieure et inférieure, au niveau du contact entre l'anneau interne fixe et l'anneau externe expansible;
- c) si désiré, appliquer une très fine couche d'huile minérale légère sur les anneaux interne et externe et sur la surface des couvercles supérieur et inférieur qui seront en contact avec le ciment;
- d) avec le couvercle supérieur à l'envers, placer les anneaux interne et externe sur le couvercle supérieur;
- e) placer le couvercle inférieur sur les anneaux interne et externe;
- f) insérer la vis dans le trou central et la serrer pour maintenir les pièces du moule;
- g) vérifier que l'anneau externe expansible tourne librement et placer le gros trou en face de la fente (Figure 9);
- h) mettre une petite quantité de graisse haute température dans la fente de l'anneau externe; la graisse bouchera la fente et empêchera les fuites de coulis avant qu'il prenne;
- i) pour un essai de retrait, enduire de graisse une entretoise et la placer avec le petit coté dans la fente de l'anneau externe expansible; voir Figures 5 et 6.