



**Norme
internationale**

ISO 10426-5

**Industries du pétrole et du gaz, y
compris les énergies à faible teneur
en carbone — Ciments et matériaux
pour la cimentation des puits —**

Partie 5:

**Détermination du retrait et de
l'expansion des formulations de
ciments pour puits**

Oil and gas industries including lower carbon energy — Cements and materials for well cementing —

Part 5: Determination of shrinkage and expansion of well cement formulations

**Deuxième édition
2024-09**

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO 10426-5:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/e0d94693-2a79-4ca5-859e-260fdc9c2b84/iso-10426-5-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/e0d94693-2a79-4ca5-859e-260fdc9c2b84/iso-10426-5-2024>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2024

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
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 Références normatives | 1 |
| 3 Termes et définitions | 1 |
| 4 Détermination du retrait ou de l'expansion à la pression atmosphérique sous conditions d'accès libre d'eau — Essai en anneau annulaire | 2 |
| 4.1 Généralités | 2 |
| 4.2 Appareillage | 2 |
| 4.2.1 Moule | 2 |
| 4.2.2 Bain-marie de vieillissement | 5 |
| 4.2.3 Système de mesurage de la température | 5 |
| 4.2.4 Consistomètre atmosphérique | 5 |
| 4.2.5 Micromètre | 5 |
| 4.3 Mode opératoire | 5 |
| 4.3.1 Préparation du moule | 5 |
| 4.3.2 Préparation du coulis | 6 |
| 4.3.3 Remplissage des moules | 6 |
| 4.3.4 Durée de l'essai | 7 |
| 4.4 Mesurage et calculs | 7 |
| 5 Détermination du retrait ou de l'expansion en conditions imperméables et à la pression atmosphérique — Essai en anneau annulaire dans un sac refermable | 10 |
| 5.1 Généralités | 10 |
| 5.2 Appareillage | 10 |
| 5.2.1 Généralités | 10 |
| 5.2.2 Sac refermable hermétiquement | 10 |
| 5.3 Mode opératoire | 10 |
| 5.4 Mesurage et calculs | 11 |
| 6 Détermination du retrait apparent ou de l'expansion apparente en conditions imperméables et à la pression atmosphérique — Essai avec membrane | 11 |
| 6.1 Généralités | 11 |
| 6.2 Appareillage | 11 |
| 6.2.1 Membrane | 11 |
| 6.2.2 Bain-marie de vieillissement | 11 |
| 6.2.3 Système de mesurage de la température | 11 |
| 6.2.4 Balances électroniques | 11 |
| 6.3 Mode opératoire | 11 |
| 6.3.1 Préparation de la membrane | 11 |
| 6.3.2 Préparation du coulis | 11 |
| 6.3.3 Remplissage de la membrane | 12 |
| 6.3.4 Vieillissement | 12 |
| 6.4 Mesurage et calculs | 13 |
| Annexe A (informative) Détermination of stress generated by expansion at elevated pressure and temperature | 15 |
| Annexe B (informative) Détermination of shrinkage or expansion under conditions of free access to water at elevated pressure — Annular ring test | 21 |
| Bibliographie | 23 |

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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'ISO attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'ISO ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'ISO n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse www.iso.org/brevets. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de propriété.

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 67, *Industries du pétrole et du gaz, y compris les énergies à faible teneur en carbone*, sous-comité SC 3, *Fluides de forage et de complétion, ciments à puits et fluides de traitement* en collaboration avec le Comité Européen de Normalisation (CEN), Comité Technique CEN/TC 12, *Industries du pétrole et du gaz, y compris les énergies à faible teneur en carbone*, conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 10426-5:2004), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes :

- ajout d'une Introduction, avec des informations de contexte concernant l'expansion et le retrait ;
- ajout d'un essai en anneau annulaire en conditions imperméables à la pression atmosphérique ;
- inclusion d'une annexe informative décrivant une méthode de détermination de la contrainte générée par l'expansion dans des conditions de confinement à température et pression élevées. ;
- inclusion d'une annexe informative décrivant l'essai en anneau annulaire à pression élevée.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 10426 se trouve sur le site web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Introduction

Lorsque le ciment Portland réagit avec l'eau, on observe une réduction globale du volume absolu des composants :

$$V_c + V_w > V_{ch} \quad (1)$$

où

V_c est le volume de ciment ;

V_w est le volume d'eau ;

V_{ch} est le volume des produits d'hydratation de ciment.

Dans le présent document, la diminution absolue du volume $[(V_c + V_w) - V_{ch}]$ est appelée retrait d'hydratation, bien que dans d'autres documents, elle peut également être désignée sous le nom de retrait chimique, de contraction chimique totale ou de réduction du volume d'hydratation.

En fonction des conditions d'exposition, de la présence de contraintes externes pendant la prise et, surtout, de l'accès à l'eau extérieure, le retrait d'hydratation peut entraîner un retrait apparent du ciment durci.

La variation des dimensions de l'échantillon est 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. Pour de faibles valeurs de retrait ou d'expansion, comme c'est généralement le cas dans les systèmes de ciments pour puits, la variation dimensionnelle du volume partiel peut être approximativement égale à trois fois la variation dimensionnelle linéaire partielle.

Le retrait apparent peut entraîner :

- la formation d'un micro-espace annulaire, affectant potentiellement la diagraphie d'évaluation du ciment ;
- une perte d'isolation des zones provoquant un flux transverse ou une pression soutenue dans le tubage ;
- un manque d'étanchéité hydraulique lors de l'utilisation de garnitures d'étanchéité (« packers ») gonflables au ciment ;
- une mauvaise étanchéité des bouchons d'abandon.

Des additifs permettant de pallier les effets du retrait d'hydratation et de générer une expansion apparente du ciment durci sont disponibles.

Dans les applications de bouchons, l'expansion apparente du ciment génère des contraintes à l'interface ciment-roche ou ciment-formation. Une méthode de mesure de la contrainte générée par l'expansion dans une géométrie de type bouchon est présentée à l'[Annexe A](#).

Dans le présent document, les unités SI sont utilisées, et pour des raisons pratiques, les unités couramment utilisées aux États-Unis sont données entre parenthèses pour information.

Le présent document est basé sur le rapport technique de l'API 10TR 2.

Industries du pétrole et du gaz, y compris les énergies à faible teneur en carbone — Ciments et matériaux pour la cimentation des puits —

Partie 5:

Détermination du retrait et de l'expansion des formulations de ciments pour puits

1 Domaine d'application

Le présent document 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 pression atmosphérique et élevée, ainsi que l'expansion dans un environnement de confinement à température et pression élevées.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

API Specification 10A, *Cements and Materials for Well Cementing*

API Recommended Practice 10B-2, *Recommended Practice for Testing Well Cements*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/e0d94693-2a79-4ca5-859e-260fdc9e2b84/iso-10426-5-2024>

3 Termes et définitions

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

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

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

CEA (cement expansion additive)

additif d'expansion pour ciment

additif utilisé dans la formulation d'un coulis de ciment pour assurer l'*expansion apparente* (3.1) ou réduire le *retrait apparent* (3.2)

3.4

retrait d'hydratation

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

3.5

contrainte d'interface radiale

contrainte générée à l'interface entre le ciment pris et le tubage ou la paroi du sondage en raison du *retrait apparent* (3.2) ou de l'*expansion apparente* (3.1) du ciment

3.6

UCA (ultrasonic cement analyser)

analyseur de ciment par ultrasons

instrument utilisé pour la détermination sonique non destructive de la résistance à la compression du ciment

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

4.1 Généralités

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 et du type 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 des minéraux synthétiques est fortement contrôlé par le niveau de contrainte, et la croissance a tendance à se produire de manière relativement plus importante dans les endroits à faible contrainte, par exemple dans les espaces poreux de la matrice cimentaire.

Le degré de retrait et d'expansion du ciment dépend toutefois de plusieurs conditions, qui ne peuvent pas toutes être définies de manière unique. L'essai ne représente pas complètement l'anneau d'un puits.

Une méthode de détermination du retrait ou de l'expansion à des pressions supérieures à la pression atmosphérique figure à l'[Annexe B](#).

ISO 10426-5:2024

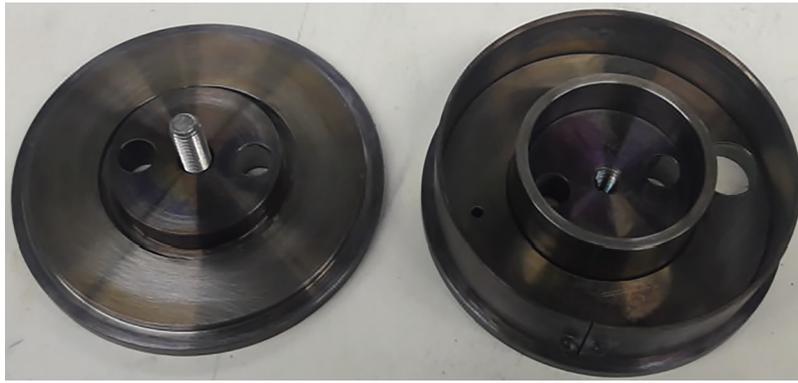
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/e0d94693-2a79-4ca5-859e-260fdc9e2b84/iso-10426-5-2024>

4.2 Appareillage

4.2.1 Moule

4.2.1.1 Généralités

Utiliser un matériau résistant à la corrosion (par exemple, un acier inoxydable). Le diamètre extérieur (OD) de l'anneau interne doit être de 50,8 mm ± 0,3 mm (2,0 in ± 0,01 in) et le diamètre extérieur (OD) de l'anneau externe doit être de 88,9 mm ± 0,3 mm (3,5 in ± 0,01 in). Voir les [Figures 1](#) et [2](#).



1

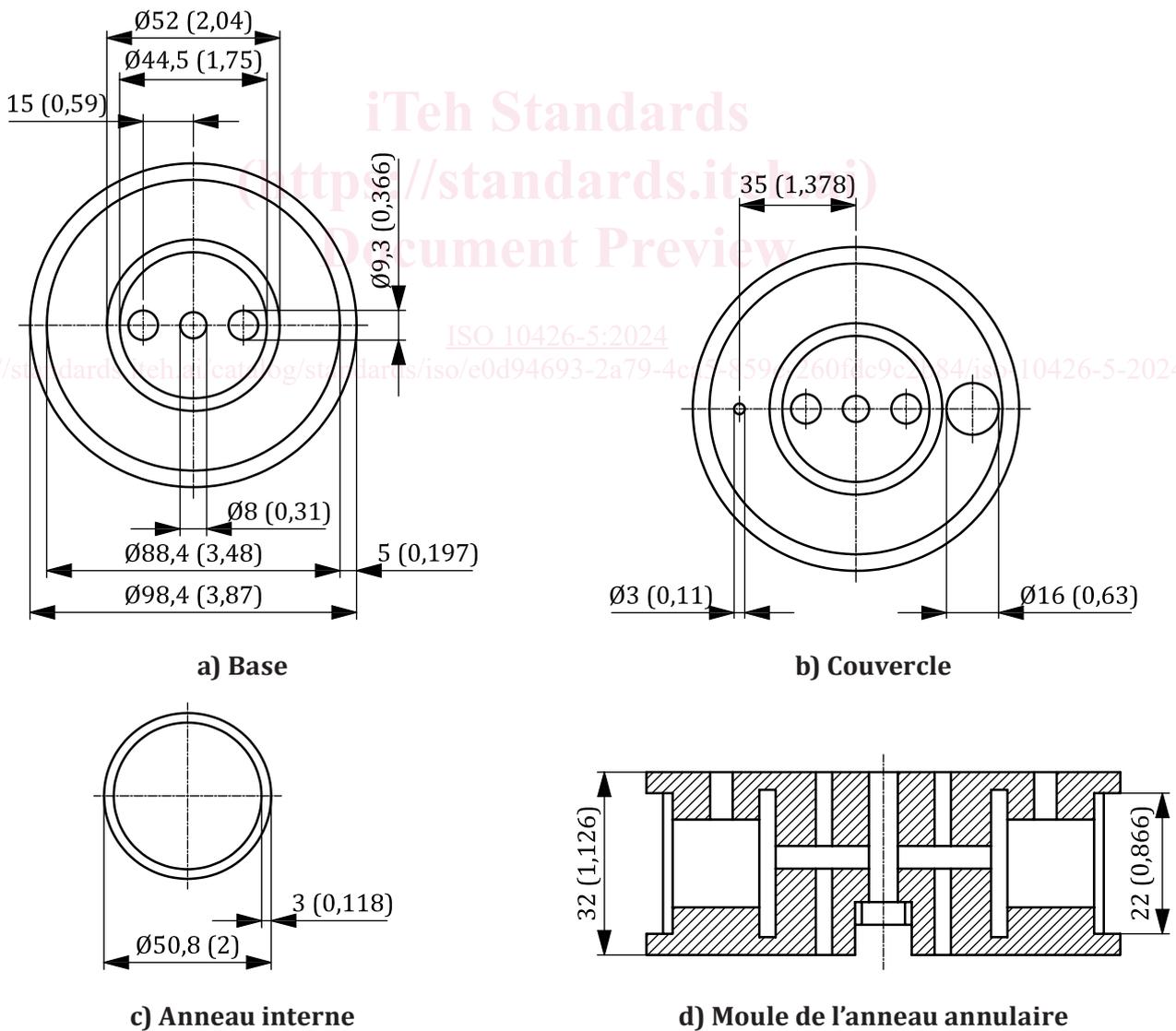
2

Légende

- 1 plaque inférieure
- 2 anneaux interne et externe placés sur la plaque supérieure (étape d de 4.3.1)

Figure 1 — Assemblage de moule typique

Dimensions en millimètres (pouces)



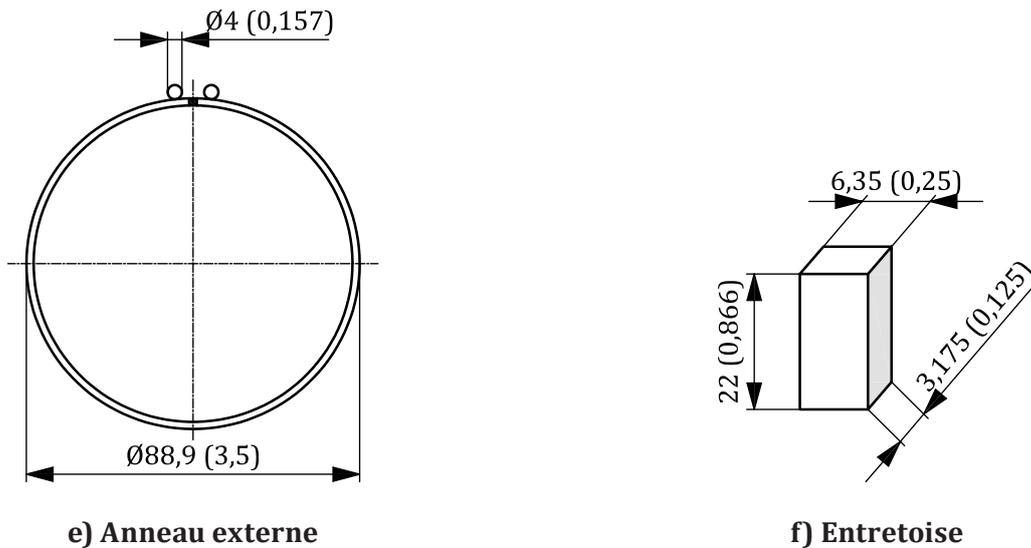
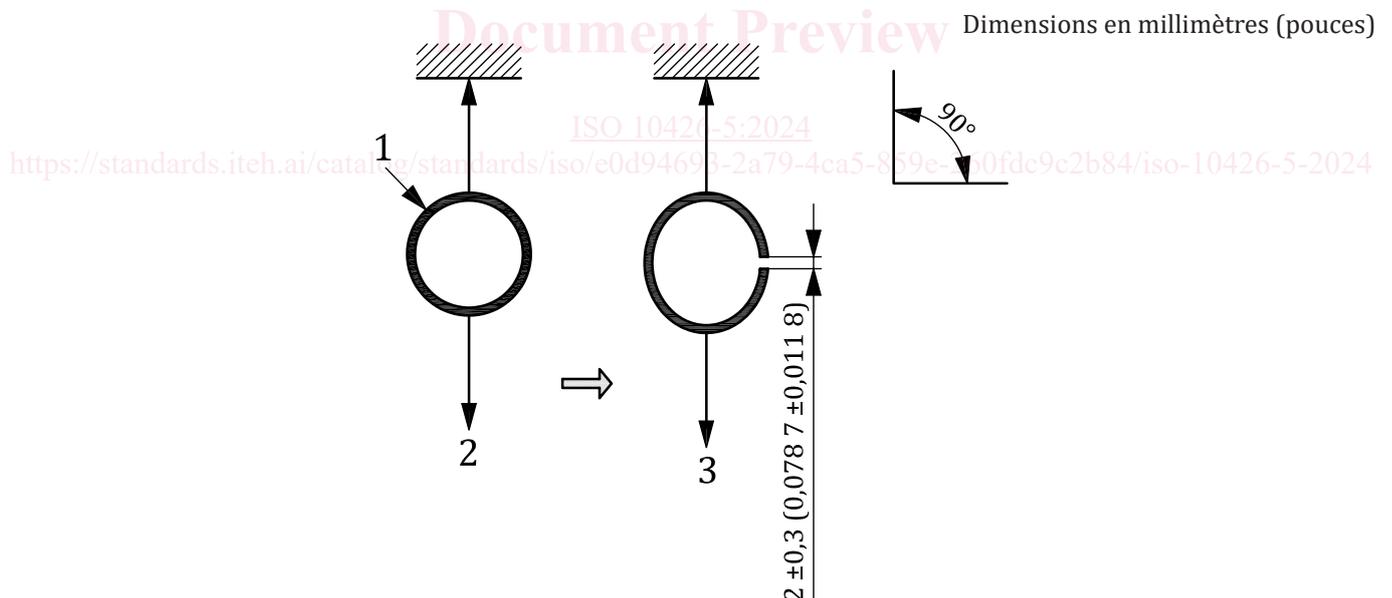


Figure 2 — Schéma des pièces d'un assemblage de moule typique

4.2.1.2 Étalonnage du moule

La résilience de l'anneau du moule doit être vérifiée annuellement. Si l'anneau tombe ou est endommagé pendant l'utilisation, la résilience doit être vérifiée. La résilience doit être telle que la masse de $1\,000\text{ g} \pm 1\text{ g}$, appliquée telle qu'en Figure 3, doit augmenter la distance entre les deux billes de mesure en acier (voir Figure 8) de $2\text{ mm} \pm 0,3\text{ mm}$ ($0,078\,7\text{ in} \pm 0,011\,8\text{ in}$) sans déformation permanente. La charge doit être appliquée perpendiculairement à l'écart (90°). Les lectures doivent être répétées au moins trois fois afin d'obtenir une valeur moyenne avec un écart type de $0,05\text{ mm}$ ($0,002\text{ in}$).



Légende

- 1 anneau
- 2 masse, 0 g
- 3 masse, $1\,000\text{ g} \pm 1\text{ g}$

Figure 3 — Schéma d'un mesurage d'étalonnage de l'anneau — Essai de résilience

4.2.1.3 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 a pris. Les dimensions de l'entretoise doivent être de $(3,2 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}) \times (6,4 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm})$ ($0,125 \text{ in} \times 0,25 \text{ in}$) et de 22,0 mm (0,866 in) en hauteur ; voir la [Figure 2](#). Il faut 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 sont identiques à celles de l'anneau externe expansible.

4.2.2 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 $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\pm 3 \text{ }^\circ\text{F}$) 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.

4.2.3 Système de mesurage de la température

Le système de mesurage de la température doit être étalonné avec une précision de $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\pm 2 \text{ }^\circ\text{F}$). Un étalonnage doit être réalisé tous les trois mois, au minimum. Il convient d'utiliser le mode opératoire décrit dans la pratique recommandée de l'API 10B-2.

4.2.4 Consistomètre atmosphérique

Le consistomètre atmosphérique doit satisfaire aux exigences de l'appareillage définies dans la spécification de l'API 10A.

4.2.5 Micromètre

Un micromètre avec un pas numérique de 0,001 mm (0,000 05 in) ou moins doit être utilisé pour mesurer la séparation des billes de mesurage. Le micromètre doit être étalonné avec une précision de $\pm 0,005 \text{ mm}$ (0,000 2 in) au moins une fois par an.

4.3 Mode opératoire

4.3.1 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. Pour les essais utilisant l'entretoise pour mesurer le retrait, il est essentiel que les cordons de graisse soient suffisants pour remplir entièrement l'espace entre l'anneau externe et les parties correspondantes sur les plaques supérieure et inférieure. Si du ciment pénètre dans ces interstices, il empêche le mouvement vers l'intérieur de l'anneau externe, ce qui fausse les mesurages de retrait.
- c) Si désiré, appliquer une très fine couche d'agent de démoulage sur les anneaux interne et externe et sur la surface des couvercles supérieur et inférieur qui sont en contact avec le ciment.
- d) Avec le couvercle supérieur à l'envers, placer les anneaux interne et externe sur le couvercle supérieur.