
**Industries du pétrole et du gaz naturel —
Fluides de complétion et matériaux —**

Partie 5:

**Modes opératoires pour mesurer la
conductivité à long terme des agents de
soutènement**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)
*Petroleum and natural gas industries — Completion fluids and
materials —*

Part 5: Procedures for measuring the long-term conductivity of proppants

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/06d81bd6-b81c-40bd-af9d-491754f0a1c8/iso-13503-5-2006>



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 13503-5:2006](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/06d81bd6-b81c-40bd-af9d-491754f0a1c8/iso-13503-5-2006)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/06d81bd6-b81c-40bd-af9d-491754f0a1c8/iso-13503-5-2006>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2006

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 2009

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 Abréviations	2
5 Modes opératoires pour l'évaluation de la conductivité à long terme des matériaux de soutènement	2
5.1 Objectif	2
5.2 Discussion	2
6 Réactifs et matières	3
6.1 Fluide d'essai	3
6.2 Grès	3
7 Appareillage de l'essai de conductivité à long terme	3
7.1 Bloc d'essai	3
7.2 Presse hydraulique	4
7.3 Dispositif(s) de mesure de l'épaisseur du matériau de soutènement	4
7.4 Circuit d'entraînement du fluide d'essai	4
7.5 Transducteurs de pression différentielle	4
7.6 Régulateurs de contre-pression	4
7.7 Balance	4
7.8 Élimination de l'oxygène	5
7.9 Régulation de la température	5
7.10 Saturation en silice et surveillance	5
8 Étalonnage de l'équipement	6
8.1 Indicateurs de pression et débits	6
8.2 Mesure de l'épaisseur zéro du matériau de soutènement	6
8.3 Détermination de la largeur de la cellule	7
8.4 Presse hydraulique	7
9 Essais de fuite	7
9.1 Presse hydraulique	7
9.2 Système de fluide d'essai	7
10 Mode opératoire pour le chargement des cellules	8
10.1 Préparation du bloc d'essai	8
10.2 Préparation de la cellule	8
11 Chargement de la (des) cellule(s) dans la presse	10
12 Acquisition des données	11
13 Calculs de la perméabilité et de la conductivité	11
14 Report des données	13
Annexe A (informative) Facteurs de conversion	14
Annexe B (normative) Configuration du récipient de saturation en silice	15
Annexe C (informative) Figures	17
Bibliographie	26

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 13503-5 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 13503 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Industries du pétrole et du gaz naturel — Fluides de complétion et matériaux*.

- *Partie 1: Mesurage des propriétés visqueuses des fluides de complétion*
- *Partie 2: Mesurage des propriétés des matériaux de soutènement utilisés dans les opérations de fracturation hydraulique et de remplissage de gravier*
- *Partie 3: Essais de saumures denses*
- *Partie 4: Mode opératoire pour le mesurage de la perte de fluide par filtration en conditions statiques des fluides de stimulation et de gravillonnage*
- *Partie 5: Modes opératoires pour mesurer la conductivité à long terme des agents de soutènement*

Introduction

La présente partie de l'ISO 13503 est en grande partie fondée sur l'API RP 61^[1]. Des références informatives sont également incluses dans la Bibliographie, Références [2] à [15].

Les essais ainsi que l'appareillage correspondant décrits dans la présente norme ont été développés de manière à établir des modes opératoires et des conditions normalisés pour l'évaluation, dans des conditions de laboratoire, de la conductivité à long terme de divers matériaux de soutènement utilisés en fracturation hydraulique. Le présent mode opératoire permet aux utilisateurs de comparer les caractéristiques de conductivité dans des conditions d'essai décrites avec précision. Les résultats d'essai peuvent aider les utilisateurs à comparer des matériaux de soutènement destinés à être utilisés dans des opérations de fracturation hydraulique.

Les modes opératoires présentés dans la présente publication ne sont pas destinés à empêcher le développement de nouvelles technologies, l'amélioration de matériaux ou de procédures d'exploitation. Leur application à chaque situation spécifique exige une bonne analyse technique et du bon sens.

La présente partie de l'ISO 13503 peut être utilisée par toute personne qui le souhaite. L'ISO et l'API ont fait tout leur possible afin d'assurer la précision et la fiabilité des données qu'elle contient. Cependant, l'ISO et l'API ne font aucune assertion, ne donnent aucun engagement ou garantie formels liés à la présente partie de l'ISO 13503, et déclinent expressément toute responsabilité matérielle ou financière pour les pertes ou dommages résultant de son utilisation ou de la violation d'une éventuelle réglementation fédérale, étatique ou municipale qui pourrait être en conflit avec la présente partie de l'ISO 13503.

Dans la mesure du possible, la présente partie de l'ISO 13503 fournit, entre parenthèses et pour information, des valeurs en unités de mesure hors-système américaines (USC).

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/06d81bd6-b81c-40bd-af9d-491754f0a1c8/iso-13503-5-2006>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 13503-5:2006

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/06d81bd6-b81c-40bd-af9d-491754f0a1c8/iso-13503-5-2006>

Industries du pétrole et du gaz naturel — Fluides de complétion et matériaux —

Partie 5:

Modes opératoires pour mesurer la conductivité à long terme des agents de soutènement

AVERTISSEMENT — Les modes opératoires d'essai fournis dans la présente partie de l'ISO 13503 n'ont pas pour objectif de fournir des valeurs absolues de conductivité des agents de soutènement dans des conditions de fond des couches pétrolifères. Les données d'essai obtenues sur de longues périodes ont montré que la durée, les températures élevées, les résidus de fluides de fracturation, les charges de contrainte cycliques, l'incrustation, les fines de la formation et autres facteurs réduisaient encore plus la conductivité du matériau de soutènement utilisé en fracturation hydraulique. Par ailleurs, le présent essai de référence est destiné à mesurer uniquement les pertes d'énergie par frottement correspondant au flux laminaire au sein d'un dispositif donné. Il est admis que la vitesse du fluide, dans une fracture réelle, peut être bien plus élevée que celle observée dans ces essais de laboratoire et qu'elle peut être dominée par des composants inertiels.

(standards.iteh.ai)

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 13503 fournit des modes opératoires d'essais normalisés pour l'évaluation des agents de soutènement utilisés dans les opérations de fracturation hydraulique et de gravillonnage.

NOTE Les «agents de soutènement» mentionnés tout au long de la présente partie de l'ISO 13503 font référence au sable, aux céramiques, aux agents de soutènement enrobés, aux matériaux de gravillonnage et autres matériaux utilisés dans les opérations de fracturation hydraulique et de remplissage de gravier.

L'objectif de la présente partie de l'ISO 13503 est de fournir une méthodologie cohérente d'essai des agents de soutènement utilisés pour les opérations de fracturation hydraulique et/ou de remplissage de gravier. Il n'est pas prévu qu'elle soit utilisée pour déduire des valeurs absolues de conductivités de matériaux de soutènement dans des conditions de fond.

2 Références normatives

Le document de référence suivant est indispensable 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 amendements).

ISO 3506-1, *Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion — Partie 1: Vis et goujons*

3 Termes et définitions

3.1

conductivité

largeur de la fracture multipliée par la perméabilité du matériau de soutènement

3.2

écoulement laminaire

passage direct de fluides à phase unique se déplaçant en couches parallèles ou en filets, de telle sorte que lesdites couches s'écoulent régulièrement les unes sur les autres, les instabilités étant amorties par la viscosité

3.3

grès de l'Ohio

grès à grain fin de la formation Scioto, dans le sud de l'État de l'Ohio, aux États-Unis

3.4

perméabilité

mesure de l'aptitude d'un milieu à transmettre un fluide à travers des espaces porifères

4 Abréviations

API *American Petroleum Institute*

ASTM *American Society for Testing and Materials*

RTV vulcanisation à température ambiante (*room temperature vulcanizing*)

ANSI *American National Standards Institute*

PID proportionnel intégral différentiel

STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

5 Modes opératoires pour l'évaluation de la conductivité à long terme des matériaux de soutènement

[ISO 13503-5:2006](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/06d81bd6-b81c-40bd-af9d-491754f0a1c8/iso-13503-5-2006)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/06d81bd6-b81c-40bd-af9d-491754f0a1c8/iso-13503-5-2006>

5.1 Objectif

L'objectif est d'établir un mode opératoire d'essai normalisé, utilisant un appareillage normalisé et dans des conditions d'essai normalisées, afin d'évaluer en laboratoire la conductivité à long terme d'agents de soutènement. Le présent mode opératoire est utilisé pour évaluer la conductivité des agents de soutènement dans des conditions de laboratoire mais il n'est pas prévu qu'il soit utilisé pour obtenir des valeurs absolues de conductivité des matériaux de soutènement dans des conditions de fond. Les effets des fines, de la dureté de la formation, des fluides résidents, du temps et/ou d'autres facteurs ne sont pas compris dans le domaine d'application du présent mode opératoire.

5.2 Discussion

Dans le mode opératoire décrit dans la présente partie de l'ISO 13503, il est appliqué une contrainte de fermeture sur un bloc d'essai pendant $50 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$, à la couche d'échantillon d'agent de soutènement, jusqu'à atteindre un état de semi-stabilité. Au fur et à mesure que le fluide est forcé à travers la couche d'agent de soutènement, l'épaisseur du matériau de soutènement, la pression différentielle, la température et les débits sont mesurés à chaque niveau de contrainte. La perméabilité et la conductivité du matériau de soutènement sont ainsi calculées.

Plusieurs valeurs de débit sont utilisées pour vérifier les performances des transducteurs et pour déterminer le régime d'écoulement darcy à chaque contrainte; la moyenne des données obtenues à ces différents débits est relevée. Une perte de charge minimale de 0,01 kPa (0,002 0 psi) est recommandée; dans le cas contraire, les débits doivent être augmentés. Aux conditions de débit et de température stipulées, il n'est rencontré aucun écoulement non-darcy ou des composants inertiels significatifs. Après achèvement des essais à tous les débits indiqués pour un niveau de contrainte de fermeture donné dans toutes les cellules, on augmente la contrainte de fermeture pour passer à un nouveau palier; l'application est maintenue pendant $50 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$ pour permettre à la couche d'agent de soutènement d'atteindre un état semi-stable; plusieurs débits sont introduits dans toutes les cellules afin de recueillir toutes les données nécessaires à la détermination de la conductivité du matériau de soutènement à ce niveau de contrainte. Le mode opératoire est recommencé jusqu'à ce que toutes les contraintes de fermeture et tous les débits requis aient été évalués. Pour effectuer des mesures précises de la conductivité, il est essentiel d'avoir un écoulement à phase unique.

Les paramètres qui définissent les conditions d'essai, tels que le fluide d'essai, la température, la charge, le grès et le temps, chaque niveau de contrainte, doivent être notés en même temps que les données de conductivité à long terme et de perméabilité. D'autres conditions peuvent être utilisées pour évaluer des caractéristiques différentes d'agents de soutènement et par conséquent il est probable que des résultats différents soient également obtenus.

6 Réactifs et matières

6.1 Fluide d'essai

Le fluide d'essai est une solution à 2 % de la masse de chlorure de potassium (KCl) et d'eau déminéralisée ou distillée, filtrée à au moins $7 \mu\text{m}$. Le chlorure de potassium doit avoir une pureté massique d'au moins 99,0 %.

6.2 Grès

Il convient que les témoins en grès de l'Ohio aient les dimensions suivantes: 17,70 cm à 17,78 cm (6,96 pouces à 7,00 pouces) de longueur, 3,71 cm à 3,81 cm (1,46 pouce à 1,50 pouces) de largeur et au minimum 0,9 cm (0,35 pouce) d'épaisseur. Les extrémités des témoins en grès doivent être arrondies pour s'intégrer au bloc d'essai (voir 7.1). Le parallélisme dans le plan horizontal doit être maintenu à $\pm 0,008 \text{ cm}$ ($\pm 0,003 \text{ pouce}$).

7 Appareillage de l'essai de conductivité à long terme

7.1 Bloc d'essai

Le bloc d'essai doit être constitué par une conception d'écoulement linéaire avec des couches d'agent de soutènement de $64,5 \text{ cm}^2$ (10 pouces²) de surface. La Figure C.1 illustre les différents éléments du bloc d'essai ainsi qu'un exemple d'empilement des cellules. Les pistons et les chambres d'essai doivent être réalisés en acier inoxydable 316 (par exemple ISO 3506-1, nuance A4), Monel¹⁾ ou en matériau Hastalloy. Les filtres du bloc d'essai peuvent être constitués d'une toile en Monel, d'une ouverture de $150 \mu\text{m}$ ou équivalent (100 US mesh). La granulométrie nominale de rétention est supérieure à $114 \mu\text{m}$.

1) Les alliages Monel et Hastalloy sont des exemples de produits appropriés disponibles sur le marché. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs de la présente partie de l'ISO 13503 et ne signifie nullement que l'ISO approuve ou recommande l'emploi exclusif du produit ainsi désigné.

7.2 Presse hydraulique

La presse hydraulique doit avoir une capacité suffisante pour développer une charge de 667 kN (150 000 lbf). Pour assurer une répartition uniforme des contraintes, les plateaux doivent être parallèles les uns aux autres. Il est recommandé que la presse hydraulique soit d'un modèle à quatre montants à même de réduire d'éventuels gauchissements transmissibles à la cellule d'essai. Il convient que chaque montant ait un diamètre minimal de 6,35 cm (2,5 pouces).

La source de pression hydraulique doit être capable de maintenir toute contrainte de fermeture requise [$\pm 1,0$ % ou 345 kPa (50 psi), en retenant la valeur la plus élevée] pendant 50 h. La presse hydraulique doit pouvoir supporter des modifications du temps de chargement de 4 448 N/min (1 000 lbf/min) ou de 690 kPa/min (100 psi/min) sur une cellule de 64,5 cm² (10 pouce²). Un mesureur de force électronique étalonné doit être utilisé pour étalonner la contrainte entre le vérin hydraulique et le plateau opposé de la presse.

7.3 Dispositif(s) de mesure de l'épaisseur du matériau de soutènement

L'épaisseur du matériau de soutènement doit être mesurée à chaque extrémité du bloc d'essai. Un dispositif de mesure d'une précision d'au moins 0,002 5 cm (0,001 pouce) doit être utilisé. La Figure C.4 présente un exemple de planchettes de mesure de l'épaisseur du matériau de soutènement.

7.4 Circuit d'entraînement du fluide d'essai

Certaines pompes à débit constant (par exemple les pompes utilisées en chromatographie) se sont révélées satisfaisantes pour cette application. Si un amortissement des pulsations est nécessaire, il peut être réalisé au moyen d'un piston, d'un accumulateur à vessie ou autre moyen efficace. Les fluctuations de pression pendant les mesures de pression différentielle et de débit (pour les calculs de conductivité) doivent être maintenues à moins de 1,0 %. Chaque laboratoire doit déterminer la meilleure technique d'amortissement des pulsations. Des crêtes de pression importantes peuvent indiquer des problèmes de pompe ou de gaz piégés dans le circuit d'écoulement et doivent être corrigées avant de relever les données.

7.5 Transducteurs de pression différentielle

Les transducteurs de pression différentielle ayant une gamme de fonctionnement de 0 kPa à 7 kPa (0 psi à 1,0 psi) sont pleinement satisfaisants. Le transducteur doit pouvoir mesurer la pression différentielle à $\pm 0,1$ % de la pleine échelle.

7.6 Régulateurs de contre-pression

Le régulateur de contre-pression doit pouvoir maintenir une pression de 2,07 MPa à 3,45 MPa (300 psi à 500 psi). La contrainte appliquée sur la cellule doit tenir compte de la contre-pression. Par exemple, si la contre-pression est de 3,45 MPa (500 psi), la contrainte appliquée doit être de 3,45 MPa (500 psi) supérieure pour tenir compte de la pression exercée par les pistons vers l'extérieur.

7.7 Balance

La balance doit être d'une capacité minimale de 100 g avec une précision supérieure à 0,01 g.

7.8 Élimination de l'oxygène

La teneur en oxygène du fluide d'essai de conductivité doit être réduite au minimum de manière à simuler les fluides de fond et à prévenir la corrosion du matériel d'essai. La désoxygénation peut être réalisée au moyen d'un système à deux réservoirs pour le fluide. Le premier réservoir maintient le fluide pour l'élimination de l'oxygène. Il est relié à de l'azote gazeux circulant par barbotage à travers le fluide à une basse pression inférieure à 103 kPa (15 psi) et à faible débit. L'alimentation en azote passe tout d'abord par un piège à oxygène/humidité tel que le modèle OT3-4²⁾ d'Agilent d'une efficacité suffisante pour éliminer de l'oxygène à moins de 15 µg/l. Un système équivalent peut également être réalisé; ce système permet à l'azote de traverser des copeaux en cuivre chauffés à 370 °C (698 °F), qui réagissent avec les quantités d'oxygène en trace du circuit et génèrent de l'oxyde de cuivre. Un piège indicateur, tel que le piège à oxygène référence 10T-4-HP³⁾ de Chrom Tech, Inc., permet une confirmation visuelle de la désoxygénation. Lorsque le piège d'indication visuelle est saturé en oxygène, les deux pièges peuvent être remplacés pour maintenir l'efficacité de l'élimination de l'oxygène. Le second réservoir contient le fluide exempt d'oxygène; et il est utilisé pour alimenter le circuit de pompage.

Tous les fluides contenus dans chacun des réservoirs sont conservés dans des conteneurs étanches sous pression de gaz neutres afin d'éliminer toute contamination par l'oxygène de l'air.

7.9 Régulation de la température

La cellule d'essai et l'agent de soutènement doivent être conservés à la température requise ± 1 °C (± 3 °F). Celle-ci est mesurée dans les conditions d'essai au niveau de la prise de température de la cellule de conductivité (Figure C.1). Elle est utilisée pour déterminer la viscosité du fluide à partir des données du Tableau C.1. L'ensemble thermocouple est constitué d'un dispositif de contrôle de la température et d'un circuit d'acquisition des données ou système équivalent. Les dispositifs de régulation de la température doivent être des régulateurs PID programmables et auto réglables pour différentes conditions de température et de débit.

Il est utilisé une température de 121 °C (250°F) pour les essais d'agents de soutènement à base de céramiques et de résines, et une température de 66 °C (150°F) pour les sables naturels. Il convient que la température du récipient de saturation en silice (voir l'Annexe B) soit de 11 °C (20°F) supérieure à la température d'essai de 66 °C (150°F) pour les sables naturels. Du sable à 20 °C (35°F) au-dessus de la température de 121 °C (250°F) est utilisé pour les agents de soutènement à base de résines et de céramiques afin de garantir la saturation du fluide en silice avant qu'il n'atteigne la cellule. Il est important de s'assurer que le fluide arrivant à la cellule soit à la température appropriée. Des essais utilisant d'autres fluides ou températures peuvent également être valables pour l'évaluation de la conductivité des matériaux de soutènement.

7.10 Saturation en silice et surveillance

Il est d'une importance primordiale qu'une solution saturée en silice s'écoule à travers l'agent de soutènement pour prévenir la dissolution du grès de l'Ohio et du matériau de soutènement. Pour cela, il est nécessaire de disposer d'un tube haute pression d'un volume minimal de 300 ml pour un débit de 10 ml/min, tel que le cylindre d'échantillonnage 316L-HDF4 de Whitey⁴⁾ ou équivalent muni à ses extrémités de raccords femelles de 0,635 cm (0,25 pouce). Le montage du matériel est décrit en Annexe B.

2) Le modèle OT3-4 d'Agilent est un exemple de produit adéquat disponible dans le commerce. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs de la présente partie de l'ISO 13503 et ne signifie nullement que l'ISO approuve ou recommande l'emploi exclusif du produit ainsi désigné.

3) La référence 10T-4-HP de Chrom Tech, Inc. est un exemple de produit adéquat disponible dans le commerce. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs de la présente partie de l'ISO 13503 et ne signifie nullement que l'ISO approuve ou recommande l'emploi exclusif du produit ainsi désigné.

4) Le cylindre d'échantillonnage 316L-HDF4 de Whitey est un exemple de produit adéquat disponible dans le commerce. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs de la présente partie de l'ISO 13503 et ne signifie nullement que l'ISO approuve ou recommande l'emploi exclusif du produit ainsi désigné.

8 Étalonnage de l'équipement

8.1 Indicateurs de pression et débits

Les indicateurs de pression d'écoulement du fluide d'essai, avec contre-pression appliquée, doivent être étalonnés dès le début et revérifiés avant chaque essai. Les pompes à débit constant doivent être soumises aux essais à plusieurs débits, en indiquant la contre-pression au moyen de débitmètres appropriés ou d'une balance précise, ainsi qu'au moyen de conteneurs et d'un dispositif de comptage de la durée (chronomètre). Les transducteurs haute et basse pression doivent être remis à zéro avant chaque cycle. Utiliser uniquement la partie de la plage d'utilisation du transducteur qui est répétable et linéaire.

8.2 Mesure de l'épaisseur zéro du matériau de soutènement

8.2.1 Objet

Pour mesurer avec précision l'épaisseur du matériau de soutènement, les variations d'épaisseur du grès, sa compressibilité, ainsi que la contraction et la dilatation du métal doivent être pris en compte.

8.2.2 Mode opératoire

8.2.2.1 Au moyen d'un pied à coulisse, mesurer et relever l'épaisseur des témoins et des cales métalliques. Repérer l'épaisseur du témoin sur sa face, au moyen d'un crayon. Deux témoins sont placés dans chacune des cellules. Faire correspondre les témoins de façon à ce que l'épaisseur combinée des extrémités des témoins soit la même. Les témoins qui mesurent plus de 0,008 cm (0,003 pouce) par rapport au plan parallèle ne doivent pas être utilisés. Si le témoin du bas est différent d'une extrémité à l'autre, celui du haut doit compenser cette différence de façon à ce que l'épaisseur totale des témoins à chaque extrémité soit identique.

8.2.2.2 Un facteur d'ajustement de l'épaisseur ou épaisseur zéro du matériau de soutènement doit être calculé à chaque contrainte de fermeture et à la température de l'essai, pour chaque cellule et pour chaque lot de grès de l'Ohio et de joints oblongs. Mesurer la dimension verticale de l'ensemble du bloc d'essai [$\pm 0,0025$ cm ($\pm 0,001$ pouce)] muni des pistons, des joints oblongs, des cales et des témoins en grès, mais sans l'agent de soutènement, à chaque niveau de contrainte de fermeture d'essai et à la température à laquelle le matériau de soutènement sera soumis à l'essai. Pour chaque essai, mesurer une épaisseur zéro initiale en calculant la dimension verticale des pistons, des cales et des témoins en grès. Cette valeur est soustraite des valeurs mesurées du matériel et de l'agent de soutènement, de manière à obtenir l'épaisseur réelle du matériau de soutènement.

8.2.2.2.3 Les pistons utilisés pour la(les) cellule(s) de référence doivent être repérés dans leur ordre d'empilement. Placer les deux témoins en grès appariés dans la cellule et, le cas échéant, continuer l'empilement des cellules comme illustré en Figure C.1.

8.2.2.2.4 Chauffer les cellules à la température de réalisation de l'essai. Appliquer la contrainte de fermeture à un taux de 689 kPa/min (100 psi/min).

8.2.2.2.5 Au moyen de jauges télescopiques et de pieds à coulisse numériques ou équivalents, mesurer le piston depuis la planchette de mesure de l'épaisseur jusqu'à la plaque inférieure et depuis la planchette de mesure de l'épaisseur au plateau supérieur de la presse ou jusqu'à l'autre planchette de mesure de l'épaisseur. Toutes les mesures doivent être effectuées deux fois et les deux valeurs obtenues doivent s'inscrire à $\pm 0,0050$ cm. Effectuer une autre mesure 30 min après le premier relevé. Poursuivre les opérations de mesure jusqu'à ce que le système se soit stabilisé, c'est-à-dire lorsque les mesures correspondent les unes aux autres à plus ou moins 1 %. Il doit être effectué au minimum trois mesures. La dernière mesure doit être notée. Ce mode opératoire tient compte de la compression des témoins en grès et de la dilatation du métal en pression et en température. Ces valeurs sont utilisées pour le calcul des épaisseurs du matériau de soutènement (voir l'Article 12). Poursuivre les opérations de mesure aux intervalles de contrainte indiqués (voir l'Article 12) jusqu'à ce que la valeur de contrainte maximale soit atteinte.