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

**Partie 3:
Essais de formulations de ciment pour
puits en eau profonde**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

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

*ISO 10426-3:2003
Part 3: Testing of deepwater well cement formulations*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/17e13e93-0881-4390-a612-40cfb5bfba40/iso-10426-3-2003>



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 10426-3:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/17e13e93-0881-4390-a612-40cfb5bfba40/iso-10426-3-2003)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/17e13e93-0881-4390-a612-40cfb5bfba40/iso-10426-3-2003>

© ISO 2003

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

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 Échantillonnage	1
5 Préparation du laitier	2
5.1 Préparation du laitier de ciment classique	2
5.2 Préparation de laitiers de ciment spéciaux	2
6 Essais de résistance des ciments pour puits en eau profonde	2
6.1 Informations générales	2
6.2 Méthodes d'échantillonnage	2
6.3 Préparation du laitier	3
6.4 Essai sonique non destructif	3
6.5 Essai destructif	4
6.6 Détermination de la résistance	6
7 Essais de temps de pompabilité des ciments pour puits en eau profonde	7
7.1 Généralités	7
7.2 Échantillonnage	7
7.3 Préparation du laitier	7
7.4 Appareillage	7
7.5 Modes opératoires d'essais	8
8 Essais statique ou avec agitation de perte de fluide	9
8.1 Appareillage	9
8.2 Échantillonnage	9
8.3 Préparation du laitier	9
8.4 Modes opératoires de conditionnement	9
9 Essais de stabilité du laitier et de fluide libre pour puits en eau profonde	10
9.1 Généralités	10
9.2 Échantillonnage	10
9.3 Préparation du laitier	10
9.4 Procédure d'essai	10
10 Détermination des propriétés rhéologiques et de la résistance de gel au moyen d'un viscosimètre rotatif	11
10.1 Généralités	11
10.2 Échantillonnage	11
10.3 Préparation du laitier	11
10.4 Appareillage	11
10.5 Mode opératoire	11
11 Compatibilité des fluides en forage	12
11.1 Généralités	12
11.2 Préparation des fluides d'essai	12
11.3 Détermination des propriétés	12
Bibliographie	14

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 10426-3 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 formulation de ciment pour puits en eau profonde*
- *Partie 4: Préparation et essais en conditions ambiantes de laitier de ciment mousse*

La partie suivante est en préparation:

- *Partie 5: Méthodes d'essais pour la détermination du retrait et de l'expansion à la pression atmosphérique des formulations de ciments pour puits*

Introduction

Bien qu'elles se fondent en général sur l'ISO 10426-2:2003, les méthodes d'essai de la présente partie de l'ISO 10426 tiennent compte des exigences d'échantillonnage/d'essais spécialisés, ainsi que des profils de température de fond particuliers aux puits en eau profonde. L'ISO 10426-2:2003:2003 ne comporte aucun programme de simulation de puits applicable aux opérations de cimentation en eau profonde.

En situation de cimentation en eau profonde, un certain nombre de facteurs influent sur l'historique de température du laitier de ciment. Ces facteurs comprennent: la profondeur d'eau, la température du fond océanique, le gradient géothermique, la présence ou l'absence d'un tube prolongateur de forage (riser), la température du fluide de forage, la vitesse des courants océaniques, la présence de thermoclines (couches d'eau océanique séparées par leur température), la température ambiante à la surface de la mer, la température de l'eau de gâchage de ciment, la température du ciment en vrac, le débit de gâchage du ciment, la chaleur d'hydratation du ciment, la vitesse de déplacement, la circulation précédant la cimentation ainsi que les périodes sans circulation, la taille et la masse des tiges de forage, la taille et la masse du tubage, ainsi que la dimension du trou.

Étant donné le nombre de variables influant sur l'historique de température d'une formulation de ciment au cours de sa placement et de son vieillissement, et compte tenu de la corrélation entre plusieurs de ces variables, il est recommandé à l'utilisateur d'employer une simulation numérique de transfert de chaleur ou des mesures sur site pour déterminer la température d'essai et le programme de température/pression applicable aux méthodes d'essai de la présente partie de l'ISO 10426. Les essais de la formulation du ciment peuvent ainsi reproduire le plus fidèlement possible le profil de température réellement rencontré au cours des opérations de cimentation.

Afin de pouvoir évaluer les scénarios de variation de température les «plus probables» et les «moins probables», il est admis d'utiliser une modélisation numérique pour déterminer l'importance relative des variables d'entrée. Dans la mesure où les valeurs de certaines variables d'entrée ne peuvent pas être connues avec précision, il convient d'utiliser une gamme de valeurs potentielles. Des essais physiques en laboratoire peuvent ensuite être réalisés dans les conditions les «plus probables» et, avec des essais complémentaires dans les conditions les «moins probables», il est possible de déterminer la sensibilité aux conditions rencontrées dans un puits. De bons principes techniques peuvent ensuite être appliqués pour évaluer les risques.

Ces modes opératoires ne servent pas uniquement aux essais de ciments pour puits en eau profonde, mais peuvent également être utilisés lorsque des faibles températures sont rencontrées en fond océanique de faible profondeur.

Les ciments pour puits qui peuvent être utilisés pour la cimentation en eau profonde peuvent comprendre ceux des Classes ISO: A, C, G ou H (comme présenté dans l'ISO 10426-1^[1]), les ciments alumineux, des ciments mousse appropriés, des types variés de composition de ciment ductile, etc. Pour chaque opération de cimentation en eau profonde, il faut que le ciment choisi soit adapté à l'application.

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 10426-3:2003

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/17e13e93-0881-4390-a612-40cfb5bfba40/iso-10426-3-2003>

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

Partie 3: Essais de formulations de ciment pour puits en eau profonde

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 10426 fournit les modes opératoires d'essai de ciments et de mélanges à base de ciments à utiliser pour les puits en eau profonde.

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* [ISO 10426-3:2003](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/17e13e93-0881-4390-a612-400950047010/iso-10426-3-2003>
ASTM C 109, *Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars*

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 10426, les termes et définitions donnés dans l'ISO 10426-2 s'appliquent.

4 Échantillonnage

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 conformément à la présente partie de l'ISO 10426. Il convient d'utiliser la meilleure technologie disponible d'échantillonnage pour s'assurer que les conditions d'essai et que les matériaux utilisés en laboratoire sont aussi proches que possible de ceux rencontrés sur le site de forage. De plus, il convient de mesurer la température de l'eau de gâchage, du ciment ou des mélanges de ciment avec un thermocouple ou un thermomètre capable de mesurer la température avec une exactitude de ± 2 °C (± 3 °F). Il convient de consigner ces températures. Les instruments de mesure de température doivent être étalonnés (s'il s'agit d'un thermocouple) ou vérifiés (s'il s'agit d'un thermomètre) une fois par an.

NOTE Certains dispositifs et techniques d'échantillonnage couramment utilisés sont présentés dans l'ISO 10426-2.

5 Préparation du laitier

5.1 Préparation du laitier de ciment classique

Préparer les échantillons d'essai conformément à l'Article 5 de l'ISO 10426-2:2003. Il convient que la température en laboratoire de l'échantillon de ciment, des additifs et de l'eau de gâchage soient à ± 2 °C (± 3 °F) égale à leur température respective prévue sur le site de forage. Il convient que la température du bol de mélange soit proche de celle de l'eau de gâchage utilisée pour la conception du laitier. Le mélangeur doit être étalonné annuellement avec une tolérance de ± 200 r/min à la vitesse de rotation de 4 000 r/min et de ± 500 r/min à 12 000 r/min.

Si des volumes de laitier plus importants sont nécessaires, une autre méthode de préparation du laitier est donnée dans l'Annexe A de l'ISO 10426-2:2003.

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

5.2 Préparation de laitiers de ciment spéciaux

Les opérations de cimentation en eau profonde peuvent nécessiter l'utilisation de ciments spéciaux tels que des formulations de ciment mousse ou de ciment avec microsphères. Il convient de préparer et de soumettre à essai ces formulations de ciments spéciaux en utilisant les meilleures méthodes disponibles ou des méthodes convenues avec le prestataire de service et l'utilisateur final.

6 Essais de résistance des ciments pour puits en eau profonde

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

6.1 Informations générales

ISO 10426-3:2003

Le développement de la résistance du ciment utilisé pour la cimentation en eau profonde peut dépendre de nombreux facteurs, incluant la chaleur d'hydratation, la taille du tubage et du trou foré, le positionnement final du laitier (annulaire ou plein tube au sabot) et la température initiale du laitier. Étant donné le nombre de variables qui concourent à la vitesse de développement de la résistance dans un puits en eau profonde, il convient de déterminer le programme de variation de température et de pression au moyen d'une simulation numérique de transfert de chaleur ou par mesures sur site à partir d'un puits de référence. Le programme d'essai peut ainsi reproduire le plus fidèlement possible les profils de température et de pression réellement observés lors de la placement.

La méthode préférentielle de détermination de la résistance du ciment pour eau profonde consiste à réaliser un essai sonique non destructif. Les essais soniques non destructifs sur laitier de ciment peuvent être réalisés en utilisant les méthodes données à l'Article 8 de l'ISO 10426-2:2003. Les ciments spéciaux, tels que décrits en 5.2, peuvent faire l'objet d'essais destructifs pour déterminer la résistance à la compression.

L'énergie produite par l'hydratation du ciment génère une quantité importante de chaleur. Dans un espace annulaire large généralement situé dans la partie supérieure d'un puits en eau profonde, on peut prévoir que l'hydratation exothermique du ciment (effet de masse thermique) peut augmenter de façon significative la température dans l'espace annulaire. À cet effet, il existe une ligne directrice d'ordre général, applicable tant que le ciment n'a pas pris, pour réaliser l'essai de résistance à basse température de vieillissement. Lorsqu'une résistance initiale de 345 kPa (50 psi) est obtenue, la température de vieillissement peut être augmentée pour refléter le réchauffement dû à l'hydratation du ciment.

6.2 Méthodes d'échantillonnage

Les méthodes d'échantillonnage des essais de résistance sont données à l'Article 4.

6.3 Préparation du laitier

Le laitier doit être préparé conformément à l'Article 5.

6.4 Essai sonique non destructif

6.4.1 Appareillage pour essai non destructif

AVERTISSEMENT — Il convient de veiller à la sécurité et de s'assurer qu'un excès de condensation provoqué par le refroidissement de l'appareillage d'essai n'entraîne pas d'incidents électriques ou autres, ce qui est susceptible d'engendrer des risques.

L'appareillage transmet un signal ultrasonique à travers le ciment qui peut être corrélé aux propriétés du ciment, telles que prise et valeur du développement de la résistance. Afin de simuler les conditions communes aux cimentations en eau profonde, l'appareillage doit disposer d'une capacité de refroidissement suffisante pour réaliser des essais de résistance aux températures prévues dans le forage.

Un excès de fluide libre peut altérer la précision de l'essai sonique non destructif. Le fluide libre d'un laitier peut empêcher le ciment d'être en contact direct avec le transmetteur situé dans la plaque de couverture supérieure de la cellule et affecter le signal ultrasonique émis à travers le ciment. Le fluide libre est déterminé conformément à la méthode donnée à l'Article 9. Il convient que la température du laitier au début de l'essai reproduise le plus fidèlement possible les conditions de température rencontrées sur site lors de l'opération de gâchage.

6.4.1.1 Cellule de vieillissement, dans laquelle la température et la pression du laitier peuvent être contrôlées conformément au programme approprié.

Un récipient sous pression approprié pour le vieillissement des échantillons, à une température d'essai prévue dans le puits et pouvant maintenir la pression, doit être utilisé. Dans la mesure où la pression est réputée avoir un effet sur le développement de la résistance, il convient d'utiliser pour les essais la pression appropriée aux conditions de placement. Ne pas dépasser la limite de pression de l'appareillage.

6.4.1.2 Système de mesure de la température, conforme à 8.2.1 de l'ISO 10426-2:2003.

6.4.1.3 Système de mesure du signal ultrasonique, conforme à 8.2.2 de l'ISO 10426-2:2003.

6.4.2 Mode opératoire

L'appareillage doit être utilisé conformément aux instructions du fabricant. Afin de mieux simuler le profil de température d'un puits en eau profonde, faire varier la température de la cellule de vieillissement à partir de la température de gâchage en surface jusqu'à la température d'essai sélectionnée selon une programmation spécifique déterminée par une simulation de thermique. La cellule de vieillissement peut également être refroidie à une température égale ou inférieure à la température d'essai sélectionnée avant de placer le laitier dans la cellule de vieillissement. Il est admis de conditionner le laitier conformément à 6.4.3 ou 6.4.4.

La période d'essai commence avec l'enregistrement des données soniques et l'application de la pression, elle se poursuit jusqu'à achèvement de l'essai. Commencer l'enregistrement des données ultrasoniques dans les 5 min qui suivent l'application de la pression. Il convient que le gradient d'application de la pression simule les conditions de pression auxquelles le ciment doit être exposé au cours de son placement.

6.4.3 Conditionnement avec un consistomètre pour essai sous pression atmosphérique

Une fois le laitier préparé, le placer dans la cellule du consistomètre atmosphérique refroidie à la température d'essai sélectionnée. À la discrétion de l'utilisateur, la température de la cellule et/ou du fluide dans le consistomètre atmosphérique peut être inférieure à la température d'essai de fond pour assurer un refroidissement plus rapide. Placer la cellule dans le consistomètre atmosphérique refroidi et conditionner le laitier pendant 20 min. Après 20 min, vérifier la température, retirer la palette et mélanger vivement le laitier avec une spatule pour l'homogénéiser. Si le laitier de ciment n'a pas été refroidi à la température d'essai

sélectionnée, poursuivre le conditionnement jusqu'à obtention de la température d'essai sélectionnée. Pour simuler le placement du laitier dans le puits, il est permis de faire subir à l'échantillon un conditionnement complémentaire durant un certain laps de temps. Le temps réel nécessaire pour atteindre la température d'essai sélectionnée et la durée de conditionnement complémentaire doivent être consignés.

6.4.4 Conditionnement avec un consistomètre pressurisé

Une fois le laitier préparé, le placer dans la cellule du consistomètre pressurisé refroidie à la température d'essai sélectionnée. À la discrétion de l'utilisateur, la température de la cellule et/ou de l'huile dans le consistomètre pressurisé peut être inférieure à la température d'essai de fond pour assurer un refroidissement plus rapide. Placer la cellule dans le consistomètre et amener l'échantillon à la température et à la pression d'essai sélectionnées. Lorsque la température et la pression d'essai sélectionnées sont atteintes, pour simuler le placement du laitier dans le puits, il est permis de faire subir à l'échantillon un conditionnement complémentaire durant un certain laps de temps. Avant de transvaser l'échantillon dans l'appareillage d'essai non destructif, tamponner toute huile qui aurait pu envahir, durant la période de conditionnement, la cellule du consistomètre pressurisé. Le temps réel nécessaire pour atteindre la température et la pression d'essai sélectionnées ainsi que la durée de conditionnement complémentaire doivent être consignés.

6.5 Essai destructif

6.5.1 Méthodes d'échantillonnage

Les méthodes d'échantillonnage des essais de résistance sont données à l'Article 4.

6.5.2 Préparation du laitier

Le laitier doit être préparé conformément à l'Article 5.

6.5.3 Conditionnement avec un consistomètre pour essais sous pression atmosphérique

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/17e13e93-0881-4390-a612->

Une fois le laitier préparé, le placer dans la cellule du consistomètre atmosphérique refroidie à la température d'essai sélectionnée. À la discrétion de l'utilisateur, la température de la cellule et/ou du fluide dans le consistomètre atmosphérique peut être inférieure à la température d'essai de fond pour assurer un refroidissement plus rapide. Placer la cellule dans le consistomètre atmosphérique refroidi et conditionner le laitier pendant 20 min. Après 20 min, vérifier la température, retirer la palette et mélanger vivement le laitier avec une spatule pour l'homogénéiser. Si le laitier de ciment n'a pas été refroidi à la température d'essai sélectionnée, poursuivre le conditionnement jusqu'à obtention de la température d'essai sélectionnée. Pour simuler le placement du laitier dans le puits, il est permis de faire subir à l'échantillon un conditionnement complémentaire durant un certain laps de temps. Le temps réel nécessaire pour atteindre la température d'essai sélectionnée et la durée de conditionnement complémentaire doivent être consignés.

6.5.4 Conditionnement avec un consistomètre pressurisé

Une fois le laitier préparé, le placer dans la cellule du consistomètre pressurisé refroidie à la température d'essai sélectionnée. À la discrétion de l'utilisateur, la température de la cellule et/ou de l'huile dans le consistomètre pressurisé peut être inférieure à la température d'essai de fond pour assurer un refroidissement plus rapide. Placer la cellule (avec sa palette) dans le consistomètre et amener l'échantillon à la température et à la pression d'essai sélectionnées. Lorsque la température et la pression d'essai sélectionnées sont atteintes, pour simuler le placement du laitier dans le puits, il est permis de faire subir à l'échantillon un conditionnement complémentaire durant un certain laps de temps. Avant de transvaser l'échantillon dans l'appareillage d'essai non destructif, tamponner toute huile qui aurait pu envahir, durant la période de conditionnement, la cellule du consistomètre pressurisé. Le temps réel nécessaire pour atteindre la température et la pression d'essai sélectionnées ainsi que la durée de conditionnement complémentaire doivent être consignés.

6.5.5 Appareillage et matériel pour essai destructif

6.5.5.1 Moules cubiques, conformes aux principes définis en 7.4.1 de l'ISO 10426-2:2003.

Il est admis d'utiliser des moules différents sous réserve de consigner leurs dimensions et géométries.

NOTE Les résistances à la compression déterminées avec une dimension ou géométrie de moule donnée peuvent être différentes de celles obtenues avec une dimension ou une géométrie différente.

6.5.5.2 Appareillage d'essai pour la résistance à la compression, conforme à 7.4.6 de l'ISO 10426-2:2003.

6.5.5.3 Plaques de base et de couverture, conformes à 7.4.6 de l'ISO 10426-2:2003.

Les plaques de base et de couverture des moules de dimensions ou de géométries autres que celles définies en 7.4.6 de l'ISO 10426-2:2003 doivent être conformes aux principes définis en 7.4.6 de l'ISO 10426-2:2003.

6.5.5.4 Barreau de gâchage, conforme à 7.4.6 de l'ISO 10426-2:2003.

6.5.5.5 Agent d'étanchéité, conforme à 7.4.7 de l'ISO 10426-2:2003.

6.5.5.6 Agent de démoulage, conforme à 7.4.8 de l'ISO 10426-2:2003.

6.5.5.7 Chambre de vieillissement atmosphérique (bain-marie), pour le vieillissement des échantillons de ciment (optionnel).

Dans la mesure où cette méthode d'essai ne simule pas les conditions de pression réelles en fond de trou, les résultats obtenus avec cette méthode peuvent différer de ceux obtenus avec les méthodes de vieillissement par mesures ultrasoniques ou celles avec pressurisation. Il convient d'équiper la chambre (bain-marie) d'un agitateur ou d'un système de circulation. À des températures supérieures à 0 °C (32 °F), il est admis d'utiliser de l'eau comme milieu de vieillissement. La chambre atmosphérique (bain-marie) doit être capable de refroidir les échantillons à la température sélectionnée et de maintenir cette température sélectionnée pendant toute la durée de l'essai. Lorsque du glycol ou une huile minérale est utilisé comme milieu de refroidissement pour les essais de vieillissement à des températures inférieures à 0 °C (32 °F), placer les éprouvettes d'essai dans un récipient scellé contenant de l'eau afin d'éviter toute contamination par le glycol ou l'huile minérale. Lorsque le laitier contient des antigels, il est alors admis d'ajouter à l'eau le même type et la même concentration d'antigel que ceux utilisés dans le laitier. Immerger le récipient scellé dans la chambre atmosphérique (bain-marie) de manière à éviter toute contamination de l'eau et des éprouvettes par le milieu de refroidissement. Un thermocouple, avec une plage de -18 °C à 104 °C (0 °F à 220 °F), étalonné à une précision de ± 1 °C (± 2 °F) est préférable pour une utilisation avec un appareillage non pressurisé. Il est possible d'utiliser un thermomètre, avec une plage de -18 °C à 104 °C (0 °F à 220 °F), étalonné à une précision de ± 1 °C (± 2 °F) dans un appareillage non pressurisé.

6.5.5.8 Chambre de vieillissement pressurisée, adaptée au vieillissement des échantillons à une température d'essai égale ou supérieure à -7 °C (20 °F) et pouvant maintenir une pression d'au moins 20 700 kPa (3 000 psi).

La chambre doit pouvoir refroidir les échantillons à la température d'essai et maintenir cette température pendant toute la durée de l'essai. Lorsque du glycol ou une huile minérale est utilisé comme milieu de refroidissement pour le vieillissement à des températures inférieures à 0 °C (32 °F), sceller les éprouvettes d'essai dans un récipient contenant de l'eau afin d'éviter toute contamination par le glycol ou l'huile minérale. Lorsque le laitier contient des antigels, ajouter dans l'eau du récipient le même type et la même concentration d'antigel que ceux utilisés dans le laitier. Dans la chambre de vieillissement pressurisée, le thermocouple doit avoir une plage de -18 °C à 204 °C (0 °F à 400 °F) et être étalonné à une précision de ± 2 °C (± 3 °F)