

NORME INTERNATIONALE

ISO
11298-4

Première édition
2021-03

Systèmes de canalisation en plastique pour la rénovation des réseaux enterrés d'alimentation en eau —

Partie 4:

**Tubage continu par tubes polymérisés
sur place**

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Plastics piping systems for renovation of underground water supply
networks —
Part 4: Lining with cured-in-place pipes
Document Preview

[ISO 11298-4:2021](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/eaff8bee-6bcb-435b-908a-46c8e534bfb4/iso-11298-4-2021>



Numéro de référence
ISO 11298-4:2021(F)

© ISO 2021

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

[ISO 11298-4:2021](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/eaff8bee-6bcb-435b-908a-46c8e534bfb4/iso-11298-4-2021>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2021

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	v
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
3.1 Termes généraux	2
3.2 Techniques	4
3.3 Caractéristiques	5
3.4 Matières	5
3.5 Stades des produits	5
3.6 Conditions de service	5
4 Symboles et abréviations	5
4.1 Symboles	5
4.2 Abréviations	7
5 Tubes au stade «M»	8
5.1 Matériaux	8
5.2 Caractéristiques générales	10
5.3 Caractéristiques des matériaux	10
5.4 Caractéristiques géométriques	10
5.5 Caractéristiques mécaniques	10
5.6 Caractéristiques physiques	10
5.7 Assemblage	11
5.8 Marquage	11
6 Raccords au stade «M»	11
7 Accessoires	11
8 Aptitude à l'emploi du système de rénovation installé au stade «I»	11
8.1 Matériaux	11
8.2 Caractéristiques générales	12
8.3 Caractéristiques des matériaux	12
8.4 Caractéristiques géométriques	12
8.4.1 Généralités	12
8.4.2 Structure de la paroi d'un CIPP	13
8.4.3 Épaisseur de paroi	13
8.5 Caractéristiques mécaniques	13
8.5.1 Conditions de référence pour les essais	13
8.5.2 Spécifications d'essai	13
8.6 Caractéristiques physiques	17
8.7 Caractéristiques supplémentaires	17
8.7.1 Étanchéité des achèvements de tubage	17
8.8 Échantillonnage	18
9 Pratique d'installation	18
9.1 Travaux préparatoires	18
9.2 Stockage, manutention et transport des composants du tubage	18
9.3 Équipement	18
9.4 Installation	19
9.4.1 Précautions environnementales	19
9.4.2 Modes opératoires d'installation	19
9.4.3 Installations simulées	20
9.5 Contrôle et essais relatifs au processus d'installation	20
9.6 Achèvement du tubage	20
9.7 Reconnexions au système de canalisations existant	20

9.8	Inspection finale et essais.....	20
9.9	Documentation	20
Annexe A (informative) Composants du CIPP et leurs fonctions.....	21	
Annexe B (normative) Tubes polymérisés sur place — Détermination des propriétés de flexion à court terme.....	22	
Annexe C (normative) Tubes polymérisés sur place — Détermination du module en flexion à long terme en conditions sèches ou humides.....	33	
Annexe D (normative) Tubes polymérisés sur place — Détermination de la résistance à la flexion à long terme en conditions sèches ou humides.....	38	
Bibliographie	42	

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

[ISO 11298-4:2021](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/eaff8bee-6bcb-435b-908a-46c8e534fb4/iso-11298-4-2021>

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'attention est attirée 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. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

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 138, *Tubes, raccords et robinetterie en matières plastiques pour le transport des fluides*, sous-comité SC 8, *Réhabilitation des systèmes de canalisations*, en collaboration avec le comité technique CEN/TC 155, *Systèmes de canalisations et de gaines en plastiques*, du Comité européen de normalisation (CEN), conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Une liste de toutes les parties de la série ISO 11298 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

Le présent document fait partie d'une norme de système portant sur les systèmes de canalisations en plastique à base de matériaux variés utilisés pour la rénovation de canalisations existantes dans un domaine d'application défini. Des normes de systèmes de rénovation portant sur les applications suivantes sont soit déjà disponibles, soit en cours d'élaboration:

- la série ISO 11296, *Systèmes de canalisations en plastique pour la rénovation des réseaux de branchements et de collecteurs d'assainissement enterrés sans pression*;
- la série ISO 11297, *Systèmes de canalisations en plastique pour la rénovation des réseaux de branchements et de collecteurs d'assainissement enterrés sous pression*;
- la série ISO 11298, *Systèmes de canalisations en plastique pour la rénovation de réseaux enterrés d'alimentation en eau* (comprenant le présent document);
- la série ISO 11299, *Systèmes de canalisations en plastique pour la rénovation des réseaux enterrés de distribution de gaz*.

Ces normes de systèmes se distinguent des normes relatives aux systèmes de canalisations en plastique installés traditionnellement par l'exigence de vérifier certaines caractéristiques dans les conditions «tel qu'installé», après mise en œuvre sur le site. Cela s'ajoute à la vérification des caractéristiques des composants des systèmes de canalisations en plastique «tels que fabriqués».

Chacune des Normes de Systèmes comprend une:

- Partie 1: Généralités;

et des parties applicables aux familles de techniques de rénovation qui, pour les réseaux d'alimentation en eau, comprennent ou peuvent comprendre ce qui suit:

- Partie 2: Tubage par tuyau continu avec espace annulaire;
- Partie 3: Tubage par tuyau continu sans espace annulaire;
- Partie 4: Tubage continu par tubes polymérisés sur place (le présent document);
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/2021/008a-46c8e534bf4/iso-11298-4-2021>
- Partie 5: Tubage par tuyaux courts avec espace annulaire;
- Partie 6: Tubage par gaines souples revêtues d'un adhésif;
- Partie 10: Tubage par projection de matériaux polymères;
- Partie 11: Tubage par insertion de gaines souples.

Les exigences applicables à toute famille de techniques de rénovation donnée sont spécifiées dans la Partie 1, appliquée conjointement à l'autre partie associée. Par exemple, l'ISO 11298-1 et le présent document spécifient ensemble les exigences se rapportant au tubage continu par tubes polymérisés sur place. Pour toute information complémentaire, voir l'ISO 11295. Toutes les familles de techniques ne sont pas pertinentes pour chaque domaine d'application et cela se reflète dans les numéros de parties compris dans chaque Norme de Système.

Une structure cohérente des titres des articles a été adoptée pour toutes les parties de l'ISO 11298 afin de faciliter les comparaisons directes entre les différentes familles de techniques de rénovation.

La [Figure 1](#) présente la structure commune des parties et des articles et la relation entre la série ISO 11298 et les normes de systèmes concernant d'autres domaines d'application.

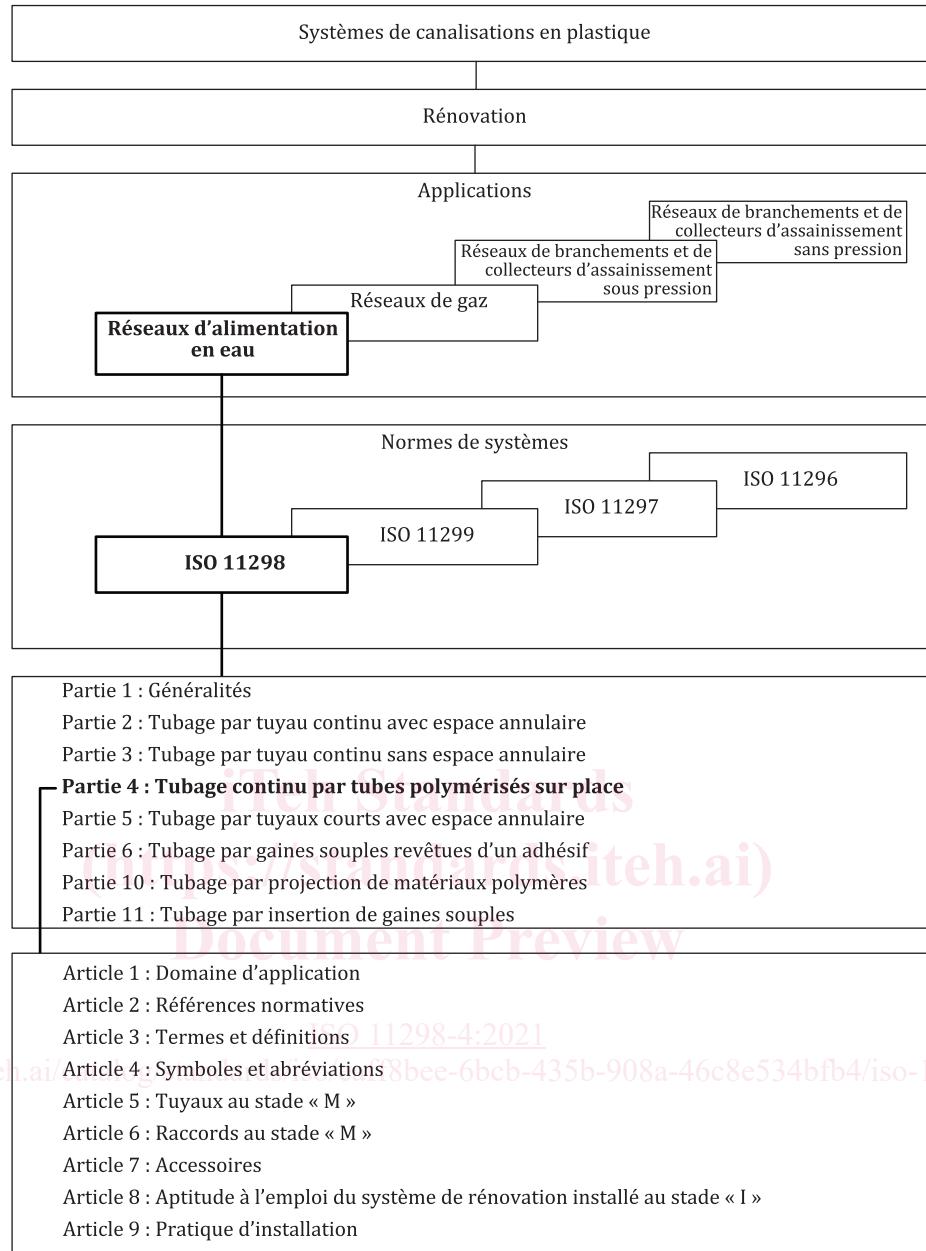


Figure 1 — Présentation des normes de systèmes de rénovation

Systèmes de canalisation en plastique pour la rénovation des réseaux enterrés d'alimentation en eau —

Partie 4: Tubage continu par tubes polymérisés sur place

1 Domaine d'application

Le présent document, conjointement avec l'ISO 11298-1, spécifie les exigences et les méthodes d'essai pour les tubes et raccords polymérisés sur place utilisés pour la rénovation des réseaux d'alimentation en eau qui transportent de l'eau destiné à la consommation humaine, y compris les conduites de prise d'eau brute.

Il s'applique aux tubages autostructurants (entièrement structurants de classe A) et aux tubages non autostructurants (semi-structurants de classe B), tels que définis dans l'ISO 11295, qui ne nécessitent pas une adhérence à la canalisation existante. Il couvre l'utilisation de divers systèmes de résine thermodurcissable, en combinaison avec des matrices fibreuses compatibles, des renforts et d'autres composants plastiques liés aux procédés (voir [5.1](#)).

Il ne comprend pas les exigences ou les méthodes d'essai pour la résistance aux charges cycliques ou la pression nominale des tubages CIPP lorsqu'ils passent par des coudes, qui sont en dehors du domaine d'application du présent document.

Il s'applique aux systèmes de tubage par tube polymérisé sur place destinés à être utilisés à une température de service allant jusqu'à 25 °C.

NOTE Pour les applications fonctionnant à des températures de service supérieures à 25 °C, le fournisseur du système peut fournir des indications sur les facteurs de réévaluation.

<https://standards.iten.ai/catalog/standards/iso/ea1180ce-6bcb-455b-908a-46c8e534bf4/iso-11298-4-2021>

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).

ISO 75-2:2013, *Plastiques — Détermination de la température de fléchissement sous charge — Partie 2: Plastiques et ébonite*

ISO 178:2019, *Plastiques — Détermination des propriétés en flexion*

ISO 899-2:2003, *Plastiques — Détermination du comportement au fluage — Partie 2: Fluage en flexion par mise en charge en trois points*

ISO 3126, *Systèmes de canalisations en plastiques — Composants en plastiques — Détermination des dimensions*

ISO 7432, *Tubes et raccords en plastiques thermodynamiques renforcés de verre (PRV) — Méthodes d'essai pour confirmer la conception des assemblages mâle-femelle verouillés, y compris ceux à double emboîture, avec joints d'étanchéité en élastomère*

ISO 7509, *Systèmes de canalisations en plastiques — Tubes en plastiques thermodynamiques renforcés de verre (PRV) — Détermination du temps mis jusqu'à la défaillance sous une pression interne constante*

ISO 7685:2019, *Tubes en plastiques thermodurcissables renforcés de verre (PRV) — Détermination de la rigidité annulaire initiale*

ISO 8513:2016, *Systèmes de canalisations en plastiques — Tubes en plastiques thermodurcissables renforcés de verre (PRV) — Méthodes d'essai pour la détermination de la force en traction longitudinale*

ISO 8521:2020, *Tubes en plastiques thermodurcissables renforcés de verre (PRV) — Méthodes d'essai pour la détermination de la résistance à la traction circonférentielle initiale de la paroi*

ISO 8533, *Tubes et raccords en plastiques thermodurcissables renforcés de verre (PRV) — Méthodes d'essai pour confirmer la conception des assemblages scellés ou enrobés*

ISO 10468, *Tubes en plastiques thermodurcissables renforcés de verre (PRV) — Détermination des propriétés de fluage annulaires en conditions humides ou sèches*

ISO 10639:2017, *Systèmes de canalisation en matières plastiques pour l'alimentation en eau avec ou sans pression — Systèmes en plastiques thermodurcissables renforcés de verre (PRV) à base de résine de polyester non saturé (UP)*

ISO 10928:2016, *Systèmes de canalisation en matières plastiques — Tubes et raccords plastiques thermodurcissables renforcés de verre (PRV) — Méthodes pour une analyse de régression et leurs utilisations*

ISO 11295:2017, *Classification et informations relatives à la conception et aux applications des systèmes de canalisations en plastique destinés à la rénovation et au remplacement*

ISO 11298-1:2018, *Systèmes de canalisations en plastique pour la rénovation des réseaux enterrés d'alimentation en eau — Partie 1: Généralités*

ISO 13002, *Fibres de carbone — Système de désignation des fils continus*

ISO 14125:1998, *Composites plastiques renforcés de fibres — Détermination des propriétés de flexion*

3 Termes et définitions

[ISO 11298-4:2021](https://standards.iteh.ai/iso-11298-4-2021)

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'ISO 11298-1 ainsi que les 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 <http://www.electropedia.org/>

3.1 Termes généraux

3.1.1

matrice

composant poreux du *tube de rénovation* (3.1.8), qui retient le *système de résine* (3.1.14) liquide au cours de l'insertion dans le tube à rénover et qui fait partie du système de tubage installé après polymérisation de la résine

3.1.2

produit CIPP

tube polymérisé sur place d'une conception particulière, produit à partir d'un *tube de rénovation* (3.1.8) en matériaux spécifiés, avec une structure de paroi définie de manière unique pour chaque combinaison diamètre/épaisseur de paroi, imprégné d'un *système de résine* (3.1.14) spécifique et mis en œuvre selon un procédé particulier

3.1.3**sans espace annulaire**

situation de l'extérieur du tubage installé par rapport à l'intérieur de la canalisation existante, qui peut être soit un contact avec interférence, soit inclure un petit espace annulaire dû uniquement au retrait et aux tolérances

3.1.4**composite**

combinaison du *système de résine* ([3.1.14](#)) polymérisée, de la *matrice* ([3.1.1](#)) et/ou du *renfort* ([3.1.13](#)), à l'exception de toute membrane intérieure ou extérieure

3.1.5**polymérisation**

processus de polymérisation de résine qui peut être initié ou accéléré par l'utilisation de chaleur ou par l'exposition à la lumière

3.1.6**épaisseur de dimensionnement**

épaisseur requise de la paroi du *composite* ([3.1.4](#)), sans couche d'abrasion, telle que déterminée par la conception structurelle

3.1.7**première rupture**

limite élastique ou première discontinuité majeure de la courbe contrainte-déformation associée à une défaillance locale de la matrice de résine ou des fibres de renfort

3.1.8**tube de rénovation**

tuyau flexible, composé d'une *matrice* ([3.1.1](#)), du *système de résine* ([3.1.14](#)) et de toute membrane et/ou *renfort* ([3.1.13](#)), assemblés avant leur insertion dans la canalisation à rénover

3.1.9**épaisseur nominale de la paroi du CIPP au stade «M»**

une des épaisseurs de paroi du *tube de rénovation* ([3.1.8](#)) individuelles imposée par la somme des épaisseurs des différentes couches de matériaux utilisés pour la construction du tube au stade «M», à l'exception des membranes interne et externe

Note 1 à l'article: Ce terme est exprimé en utilisant le symbole $e_{n,M}$ (voir [4.1](#)).

3.1.10**épaisseur nominale de la paroi du CIPP au stade «I»**

une des épaisseurs de paroi du *produit CIPP* ([3.1.2](#)) individuelles au stade «I», imposée par la somme des épaisseurs des différentes couches de matériaux utilisés pour la construction du *tube de rénovation* ([3.1.8](#)), à l'exception des membranes interne et externe

Note 1 à l'article: Ce terme est exprimé en utilisant le symbole $e_{n,I}$ (voir [4.1](#)).

3.1.11**membrane permanente**

membrane intérieure ou extérieure conçue pour conserver son intégrité tout au long des processus d'insertion du *tube de rénovation* ([3.1.8](#)) et de polymérisation du *système de résine* ([3.1.14](#)), et pour fournir des fonctions pour la durée de vie effective du tubage CIPP

3.1.12**prémembrane**

membrane extérieure permanente ou semi-permanente qui est installée séparément, avant l'insertion du *tube de rénovation* ([3.1.8](#)) imprégné de résine

3.1.13

renfort

fibres incorporées au *tube de rénovation* (3.1.8), qui améliorent la stabilité dimensionnelle du tube de rénovation et/ou les propriétés structurelles du *composite* (3.1.4) polymérisé

Note 1 à l'article: Le renfort peut être incorporé dans la *matrice* (3.1.1), peut constituer la matrice, ou peut être une couche distincte.

3.1.14

système de résine

résine thermodurcissable comprenant le ou les agents de polymérisation et toute charge ou autre additif, dans des proportions spécifiées

3.1.15

membrane semi-permanente

membrane intérieure ou extérieure conçue pour conserver son intégrité tout au long des processus d'insertion du *tube de rénovation* (3.1.8) et de polymérisation du *système de résine* (3.1.14), mais dont la conservation de l'intégrité n'est pas indispensable au stade «I»

3.1.16

température de service

température continue maximale à laquelle il est prévu qu'un système fonctionne

Note 1 à l'article: La température de service est exprimée en degrés Celsius (°C).

3.1.17

membrane temporaire

membrane formant la surface intérieure ou extérieure du tube au stade «M», avec des fonctions uniquement au stade «M», retirée pendant ou après l'installation

3.1.18

épaisseur totale

épaisseur du tube polymérisé sur place (CIPP) au stade «I» comprenant le composite (3.1.4) et la *membrane semi-permanente* (3.1.15) et la *membrane permanente* (3.1.11)

3.1.19

essai de type

essai entrepris pour prouver qu'une matière, un produit, un assemblage ou un montage est apte à remplir les exigences énoncées dans la norme pertinente

3.2 Techniques

3.2.1

inversion

procédé qui consiste à retourner un tube ou une gaine flexible sur lui-même/elle-même en utilisant la pression d'un fluide (eau ou air)

3.2.2

insertion par inversion

méthode par laquelle le *tube de rénovation* (3.1.8) imprégné est introduit par *inversion* (3.2.1) afin d'obtenir simultanément une insertion et un gonflage

3.2.3

insertion par tractage

méthode par laquelle le *tube de rénovation* (3.1.8) plat imprégné est tout d'abord tiré à l'intérieur de la canalisation à rénover, puis gonflé pour lui donner sa section normale

Note 1 à l'article: Avec certaines techniques, le gonflage est obtenu par *inversion* (3.2.1) à travers le tube de rénovation introduit d'un tube ou un flexible sec imprégné séparé, qui est soit retiré après polymérisation de la résine, soit laissé en place comme membrane intérieure permanente.

3.3 Caractéristiques

3.3.1

pression de défaillance prévue à 50 ans

valeur à 50 ans, dérivée de la ligne de régression de pression provenant d'essais de pression à long terme effectués conformément à l'ISO 7509 et analysés conformément à l'ISO 10928

Note 1 à l'article: Ce terme est exprimé en utilisant le symbole p_{50} (voir 4.1).

[SOURCE: ISO 10639:2017, 3.12.10 — modifié]

3.3.2

pression de défaillance minimale à 50 ans

limite inférieure de confiance (LCL) à 95 % de la pression de défaillance à 50 ans

Note 1 à l'article: Ce terme est exprimé en utilisant le symbole $p_{50,\min}$ (voir 4.1).

[SOURCE: ISO 10639:2017, 3.12.7 — modifié]

3.4 Matières

Aucune définition supplémentaire ne s'applique.

3.5 Stades des produits

Aucune définition supplémentaire ne s'applique.

3.6 Conditions de service

3.6.1

PN

pression nominale

désignation alphanumérique pour une classe de pression nominale, qui est la pression interne hydraulique soutenue maximale pour laquelle un tube est conçu en l'absence de condition de charge autres que la pression interne

Note 1 à l'article: La pression nominale est exprimée en bars (c'est-à-dire 1 bar = 0,1 MPa = 0,1 N/mm² = 10⁵.N/m²).

Note 2 à l'article: La désignation à des fins de référence ou de marquage est composée des lettres PN et d'un chiffre.

[SOURCE: ISO 10639:2017, 3.12.2, modifié — la dernière partie de la définition a été supprimée à des fins de simplification.]

4 Symboles et abréviations

4.1 Symboles

b largeur de l'éprouvette

C_E facteur de correction sur le module en flexion en 3 points pour la courbure de l'éprouvette

C_σ facteur de correction sur la contrainte en flexion en 3 points pour la courbure de l'éprouvette

d_i diamètre intérieur

d_m diamètre moyen de l'échantillon de tube à mi-épaisseur du composite (= 2R₂)

d_n	diamètre extérieur nominal
E_0	module en flexion à court terme
E_c	module en flexion apparent d'une éprouvette courbe soumise à une flexion en 3 points, avant la correction de courbure
E_f	module en flexion apparent d'une éprouvette plate soumise à une flexion en 3 points
E_x	module en flexion à long terme à x années
E_t	module de fluage par flexion à l'instant t
EI	rigidité à la flexion de la section par unité de longueur de la paroi du tube
EI_c	rigidité apparente à la flexion de la section d'une éprouvette courbe soumise à une flexion en 3 points, avant la correction de courbure
e_1	épaisseur de la membrane intérieure
e_2	épaisseur de la membrane extérieure
e_c	épaisseur du composite
e_{tot}	épaisseur totale
$e_{c,m}$	épaisseur moyenne du composite
$e_{c,min}$	épaisseur minimale du composite
$e_{n,I}$	épaisseur nominale de la paroi du CIPP au stade «I»
$e_{n,M}$	épaisseur nominale de la paroi du CIPP au stade «M»
F	force appliquée lors de l'essai de flexion
h	épaisseur totale de l'éprouvette
h_m	épaisseur totale moyenne de l'éprouvette
I	moment d'inertie (deuxième moment de la zone) par unité de longueur de la paroi de canalisation
L	distance entre supports lors de l'essai de flexion
L_1	distance entre les points de contact d'une éprouvette soumise à une flexion courbe avec supports
L_2	portée réelle du composite dans une éprouvette soumise à une flexion courbe
L_3	longueur totale de corde d'une éprouvette soumise à une flexion courbe
M	capacité de moment de section par unité de longueur de la paroi de tube
M_c	capacité apparente de moment de section d'une éprouvette courbe soumise à une flexion en 3 points, avant la correction de courbure
p_{50}	pression de défaillance prévue à 50 ans
$p_{50,min}$	pression de défaillance minimale à 50 ans
r	rayon du support