

---

# Norme internationale



# 4483

---

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

---

## Canalisations en amiante-ciment — Essais de pression en œuvre

*Asbestos-cement pipelines — Field pressure testing*

Première édition — 1979-07-01

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

[ISO 4483:1979](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/35f59862-4ae5-4f5b-9355-db637ae03743/iso-4483-1979>

---

CDU 691.328.5-462 : 628.24 : 620.165

Réf. n° : ISO 4483-1979 (F)

**Descripteurs** : produit en amiante-ciment, canalisation, essai, essai en place, essai à la pression.

## 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 confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO.

La Norme internationale ISO 4483 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 77, *Produits en ciment renforcé par des fibres*, et a été soumise aux comités membres en septembre 1977.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée :

Afrique du Sud, Rép. d'	Égypte, Rép. arabe d'	Portugal
Allemagne, R.F.	Espagne	Roumanie
Australie	France	Royaume-Uni
Autriche	Grèce	Suède
Belgique	Inde	Suisse
Bésil	Irlande	Tchécoslovaquie
Bulgarie	Israël	URSS
Canada	Italie	Venezuela
Colombie	Mexique	Yougoslavie
Corée, Rép. de	Nouvelle-Zélande	
Danemark	Pays-Bas	

Les comités membres des pays suivants l'ont désapprouvée pour des raisons techniques :

Norvège  
Turquie

# Canalisations en amiante-ciment — Essais de pression en œuvre

## 1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale traite des essais de pression en œuvre pour les canalisations en amiante-ciment en élévation ou en tranchée, véhiculant des liquides, avec ou sans pression hydraulique intérieure, et utilisant des tuyaux faisant l'objet de l'ISO 160<sup>1)</sup> et de l'ISO 881<sup>1)</sup>.

Elle spécifie les méthodes de base des essais de pression sur ces canalisations en amiante-ciment.

## 2 Références

ISO 160, *Tuyaux et joints en amiante-ciment pour canalisations avec pression.*<sup>1)</sup>

ISO 2785, *Guide en vue du choix des tuyaux pour canalisations en amiante-ciment soumis à des charges extérieures avec ou sans pression intérieure.*

ISO 4482, *Canalisations en amiante-ciment — Guide de pose.*

## 3 Généralités

Deux principaux types d'essais sont spécifiés pour les canalisations avec pression :

- **Type 1** : Essai de pression effectué sur des sections de canalisation.
- **Type 2** : Essai effectué sur chaque joint au fur et à mesure de la pose, et ensuite sur la canalisation complète (applicable seulement aux diamètres égaux ou supérieurs à 900 mm).

## 4 Méthode type 1 pour l'essai de pression des canalisations en tranchée

### 4.1 Longueur de la section d'essai

La longueur de la section de canalisation soumise à cet essai doit être fixée par l'auteur de projet, en tenant compte des conditions locales, telles que profil de la canalisation, conditions climatiques, trafic, délai disponible avant l'achèvement du rem-

blai, emplacement des butées de béton, disponibilité de l'eau pour l'essai, butées pour les obturateurs provisoires de la section, etc.

La longueur recommandée de la section d'essai doit être comprise entre 500 et 1 000 m. Des sections plus longues sont admissibles, à condition que, pendant l'essai, la pression au point le plus élevé de la section ne soit pas inférieure à 0,8 fois la pression à son point le plus bas.

### 4.2 Préparation de la section d'essai

#### 4.2.1 Remblaiement avant l'essai

##### 4.2.1.1 Remblaiement partiel

Les tuyaux de la section d'essai doivent être partiellement couverts par des cavaliers de terre de remblai, conformément aux prescriptions de l'ISO 4482, jusqu'à une hauteur de l'ordre de 300 mm au-dessus de la génératrice supérieure pour les diamètres inférieurs ou égaux à 200 mm, et d'au moins 500 mm pour les diamètres supérieurs.

Le remblai doit être mis en place et compacté de telle sorte que la pression intérieure ne cause aucun déplacement latéral ou vertical des tuyaux. Les joints doivent rester découverts pour permettre un contrôle visuel pendant l'essai.

##### 4.2.1.2 Remblaiement complet

Comme alternative au remblaiement partiel avant l'essai, l'entrepreneur peut, en accord avec l'auteur de projet, remblayer complètement la tranchée avant l'essai de pression, à condition que l'entrepreneur fasse le nécessaire pour déceler les fuites qui pourraient se produire lors de l'essai.

### 4.2.2 Butées

L'essai de pression doit être effectué après la mise en place (conformément aux prescriptions de l'ISO 4482 ou à celles spécifiées par le maître d'œuvre) de toutes les butées définitives et, dans le cas où celles-ci sont exécutées en béton, après qu'elles aient atteint une résistance suffisante. Des butées provisoires aux extrémités des sections d'essai doivent être prévues en fonction de la pression d'essai et de la charge admissible par le sol d'appui, comme cela est prévu pour les butées définitives.

1) Actuellement au stade de projet.

#### 4.2.3 Remplissage de la section d'essai<sup>1)</sup>

La section de canalisation à essayer doit être remplie d'eau à un débit suffisamment lent pour assurer une expulsion totale de l'air. Il est préférable d'introduire l'eau au point le plus bas de la section d'essai. Des événements doivent être prévus à tous les points hauts et maintenus ouverts durant le remplissage jusqu'à expulsion totale de l'air.

On peut également contrôler l'expulsion de l'air en passant un tampon approprié à travers la section d'essai, pour autant qu'elle permette un tel passage.

#### 4.3 Appareillage d'essai

La pression hydraulique, dans la section d'essai, doit être appliquée au moyen d'une pompe adéquate. Le réservoir de la pompe doit comporter une jauge permettant de mesurer les quantités d'eau ajoutées pour maintenir la pression requise. La précision de la jauge doit être de  $\pm 1$  litre. Un manomètre calibré (de préférence à enregistrement) doit être raccordé à la canalisation, en principe à son point le plus bas, et permettre la lecture de la pression avec une précision de 0,01 MPa.

#### 4.4 Mode opératoire

##### 4.4.1 Essai préliminaire

Après avoir rempli d'eau la section d'essai, celle-ci doit rester durant une période préliminaire d'au moins 24 h sous une pression statique inférieure ou égale à la pression de service de la section concernée.

Si, par suite d'un incident, tout ou une partie de l'eau est perdue, la procédure de remplissage et de montée en pression doit être répétée après réparation de l'incident.

La période préliminaire commence à partir du moment où la pression de service aura été atteinte avec succès.

Si la canalisation a été remblayée partiellement, les parties visibles de la section d'essai doivent être inspectées visuellement à l'issue de la période initiale de 24 h.

Si la canalisation est complètement remblayée avant l'essai, l'acceptation doit être basée uniquement sur la mesure de l'eau ajoutée (voir 4.4.2.2).

#### 4.4.2 Essai de pression

Si, pendant le contrôle visuel, il n'a pas été constaté de fuites ou de déplacements appréciables de la canalisation, la section doit être soumise à l'essai de pression proprement dit.

##### 4.4.2.1 Valeur de la pression d'essai

La pression d'essai en œuvre (PEO) ne doit normalement pas être inférieure à 1,5 fois la pression effective de service de la canalisation lorsqu'elle n'est pas supérieure à 1,0 MPa mais ne doit pas excéder les valeurs exprimées comme suit :

$$PEO = 1,5 PS^* \text{ pour } PS \leq 1,0 \text{ MPa}$$

$$PEO = PS + 0,5 \text{ MPa pour } PS > 1,0 \text{ MPa}$$

La pression d'essai en œuvre ne doit jamais être inférieure à 0,4 MPa indépendamment de la valeur de la pression effective de service.

Pendant la montée en pression, il faut prendre toutes les précautions nécessaires pour que l'évacuation de l'air résiduel soit bien effectuée.

##### NOTES

1 La pression maximale d'essai en œuvre correspondant à des pressions de service supérieures à 1,0 MPa est limitée pour éviter des problèmes d'ancrage, particulièrement avec les tuyaux de grands diamètres.

2 Il doit être tenu compte des limites que pourraient supporter les raccords incorporés dans la conduite.

##### 4.4.2.2 Durée de l'essai de pression et absorption d'eau

Lorsque la canalisation en amiante-ciment est remplie d'eau, une certaine quantité est absorbée par les tuyaux. Le taux d'absorption dépend de l'état initial de saturation, du diamètre et de la longueur de la section concernée, de l'importance de la pression hydrostatique d'essai et de la durée de l'essai. Toutefois, après une courte période de service, cette absorption devient négligeable, mais l'essai de pression doit en tenir compte.

Les pressions d'essai indiquées en 4.4.2.1 doivent être maintenues, dans la section, durant au moins 1 h. Toutefois, une durée supérieure peut être prescrite sans excéder 6 h.

1) Le débit approximatif recommandé pour le remplissage doit être basé sur une vitesse de 0,05 m/s, et calculé à l'aide de la formule

$$Q = 0,05 \times \frac{\pi}{4} \times \frac{d^2}{1\,000}$$

où

$Q$  est le débit de remplissage, en litres par seconde;

$d$  est le diamètre intérieur du tuyau, en millimètres.

\* PS est la pression de service, égale à la moitié de la classe du tuyau, ou déterminée suivant l'ISO 160 (3.2.2) pour les tuyaux de conception spéciale (grand diamètre).

Par suite de l'absorption par les tuyaux, la pression initiale subit une baisse. Il faut alors pomper une certaine quantité d'eau dans la conduite pour rétablir la pression d'essai requise. Il est recommandé de procéder à cette opération toutes les 30 min.

La quantité d'eau ajoutée, à chaque fois, doit être mesurée, notée, et faire l'objet d'une addition à la fin de l'essai. La quantité totale ne doit pas dépasser le volume donné dans le tableau (et présenté graphiquement), et toutes les mesures successives ultérieures doivent toujours montrer une allure décroissante.

#### NOTES

1 Le tableau donne les quantités maximales admissibles d'eau ajoutée exigées pour différentes durées ( $t$ ) (entre 0,25 h et 6 h) et différentes pressions d'essai en œuvre (PEO).

2 En tenant compte des conditions locales des durées différentes et/ou des quantités admissibles d'eau ajoutée plus faibles que celles figurant dans le tableau peuvent être exigées pour les essais en pression. Même dans ce cas, les mesures successives ultérieures prises à intervalles réguliers doivent toujours montrer une allure décroissante.

#### 4.4.2.3 Répétition de l'essai de pression

Si la quantité d'eau ajoutée pour maintenir la pression d'essai ne satisfait pas aux prescriptions de 4.4.2.2, on doit rechercher visuellement les fuites éventuelles dans la section. Si l'on trouve des fuites, elles doivent être réparées et l'essai de pression doit être répété comme décrit plus haut. S'il n'y a pas de fuites apparentes, malgré les quantités relativement importantes d'eau ajoutées pour maintenir la pression, on doit, à nouveau, s'efforcer d'assurer l'échappement de l'air avant de recommencer l'essai de pression.

#### 4.4.3 Essai final

Après un essai concluant des sections de la canalisation, leur assemblage, et après avoir remblayé complètement la tranchée, excepté à l'emplacement des joints d'assemblage entre sections, la canalisation doit être soumise à une pression égale à la pression de service prescrite.

La durée de cet essai doit être suffisante pour permettre le contrôle visuel des joints assemblant les différentes sections essayées individuellement.

### 5 Méthode type 2 pour l'essai de pression des canalisations en tranchée

La méthode type 2 n'est applicable qu'aux diamètres égaux ou supérieurs à 900 mm. Elle est spécialement recommandée lorsque des conditions d'instabilité du terrain ou une pénurie d'eau empêchent l'utilisation de la méthode type 1, ou encore lorsque le remblai doit être effectué immédiatement après la pose. L'étanchéité de chaque joint est éprouvée aussitôt que possible après le montage en tranchée par application d'une pression hydrostatique intérieure.

Le principe de la méthode type 2 est le suivant :

- a) Chaque joint doit faire l'objet d'un essai d'étanchéité par application d'une pression hydrostatique intérieure à travers un appareil amovible raccordé par l'intérieur aux extrémités voisines de deux tuyaux successifs. La pression d'essai PEO doit être choisie conformément aux prescriptions de 4.4.2.1, et maintenue durant 5 min au moins (voir A.2.1).
- b) En complément de l'essai hydrostatique sur chaque joint et après remblai complet, la canalisation entière est soumise à un essai final. La pression d'essai est la pression de service prescrite.

L'annexe donne des détails au sujet de la méthode et de l'appareillage d'essai.

### 6 Essai à la pression de conduites posées en surface ou en élévation

Les canalisations avec pression posées en surface ou en élévation, doivent être essayées selon la méthode d'essai type 1 décrite au chapitre 4, à l'exception de 4.2.1 non applicable à ce genre de conduites.

Les tuyaux doivent être fixés à leurs supports conformément aux prescriptions de l'ISO 4482. Des précautions doivent être prises pour l'ancrage des tuyaux et des raccords afin d'éviter le déplacement de la conduite.

### 7 Essai des canalisations d'eau pluviale ou d'eaux usées sans pression

Le mode opératoire décrit dans ce chapitre s'applique aux canalisations transportant des fluides liquides s'écoulant à la pression atmosphérique, si un tel essai est prescrit.

#### 7.1 Longueur de la section d'essai

Si la canalisation comporte des regards, les sections soumises aux essais doivent être prises d'un regard au regard suivant. Dans le cas contraire, la longueur de la section doit être spécifiée par l'auteur de projet, compte tenu des pentes.

NOTE — L'essai peut être limité aux sections choisies au hasard si une telle mention est spécifiée.

#### 7.2 Préparation de la canalisation pour l'essai

##### 7.2.1 Remblaiement avant l'essai

La tranchée doit être remblayée conformément à 4.2.1.

### 7.2.2 Obturation des extrémités de la section

Toutes les extrémités de la section d'essai doivent être obturées par des tampons appropriés. Les tampons doivent être équipés pour permettre l'introduction de l'eau et l'évacuation de l'air.

## 7.3 Essai à l'eau

### 7.3.1 Remplissage de la section d'essai

La section d'essai doit être remplie conformément à 4.2.3.

### 7.3.2 Méthode d'essai

Après avoir rempli la section et expulsé l'air, on appliquera une pression hydrostatique intérieure de 0,04 MPa (4 m de hauteur d'eau) à l'extrémité supérieure du tronçon. Cette pression doit être maintenue durant 30 min et l'on vérifiera que les joints ne sont l'objet d'aucune fuite. Si l'examen des joints est impossi-

ble, on mesurera l'eau ajoutée qui ne devra pas excéder 0,1 litre par mètre carré de surface intérieure du tuyau après les 30 min.

### 7.4 Essai à l'air (essai facultatif)

Si les conditions locales (par exemple, température au-dessous de zéro) entraînent des difficultés d'exécution de l'essai à l'eau (voir 7.3), on pourra envisager d'utiliser l'essai à la pression intérieure d'air. La longueur d'essai doit être déterminée comme indiqué en 7.2.2 et l'air pompé, à l'aide d'un appareillage adéquat (par exemple une pompe à main), jusqu'à obtention d'une pression inférieure ou égale à 0,01 MPa<sup>1)</sup> dans un appareil de mesurage calibré convenablement connecté à l'appareillage. La pression d'air ne doit pas descendre au-dessous des valeurs spécifiées au bout des périodes correspondant au diamètre de la section essayée à la pression appliquée.

La pression d'air peut être affectée par des changements de température ou des défauts d'appareillage. C'est pourquoi la non-satisfaction à cet essai ne serait pas concluante et, en cas d'échec, si aucune fuite ne peut être décelée par l'application d'eau savonneuse au niveau des joints, l'essai à l'eau, décrit en 7.3, devra être effectué avant le refus de l'ouvrage.

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

ISO 4483:1979

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/35f59862-4ae5-4f5b-9355-db637ae03743/iso-4483-1979>

1) Si la conduite est  $n$  mètres en dessous de la nappe d'eau, mesurés à partir de l'axe du tuyau, la pression d'air peut être augmentée de  $n$  fois 0,01 MPa, à condition que la pression totale ne soit pas supérieure à 0,03 MPa.

TABLEAU – Ajout d'eau maximal admissible (en litres) pour différentes pressions d'essai et différentes durées d'essai pour 100 m de conduite de diamètre intérieur 100 mm

Durée à partir du début de l'essai de pression h	Pression d'essai en œuvre (PEO), MPA																			
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3
0,25	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,27	0,29	0,30	0,31	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44
0,5	0,35	0,39	0,43	0,47	0,50	0,53	0,56	0,58	0,61	0,64	0,66	0,68	0,70	0,73	0,75	0,77	0,79	0,81	0,83	0,85
1,0	0,66	0,74	0,81	0,88	0,94	0,99	1,05	1,10	1,15	1,20	1,24	1,28	1,33	1,37	1,41	1,45	1,48	1,52	1,56	1,59
1,5	0,94	1,05	1,15	1,24	1,33	1,41	1,48	1,55	1,62	1,69	1,75	1,82	1,88	1,93	1,99	2,04	2,10	2,15	2,20	2,25
2,0	1,18	1,32	1,44	1,56	1,67	1,77	1,87	1,96	2,04	2,13	2,21	2,29	2,36	2,43	2,50	2,57	2,64	2,70	2,77	2,83
2,5	1,39	1,56	1,71	1,84	1,97	2,09	2,20	2,31	2,41	2,51	2,61	2,70	2,79	2,87	2,96	3,04	3,12	3,19	3,27	3,34
3,0	1,58	1,77	1,94	2,09	2,24	2,37	2,50	2,62	2,74	2,85	2,96	3,06	3,16	3,26	3,36	3,45	3,54	3,63	3,71	3,79
3,5	1,75	1,96	2,14	2,31	2,47	2,62	2,77	2,90	3,03	3,15	3,27	3,39	3,50	3,61	3,71	3,81	3,91	4,01	4,10	4,19
4,0	1,90	2,12	2,32	2,51	2,68	2,84	3,00	3,14	3,28	3,42	3,55	3,67	3,79	3,91	4,02	4,13	4,24	4,34	4,45	4,55
4,5	2,03	2,26	2,48	2,68	2,86	3,04	3,20	3,36	3,51	3,65	3,79	3,92	4,05	4,18	4,30	4,41	4,53	4,64	4,75	4,86
5,0	2,14	2,39	2,62	2,83	3,03	3,21	3,38	3,55	3,71	3,86	4,00	4,14	4,28	4,41	4,54	4,66	4,79	4,90	5,02	5,13
5,5	2,24	2,51	2,74	2,96	3,17	3,36	3,54	3,72	3,88	4,04	4,19	4,34	4,48	4,62	4,75	4,88	5,01	5,14	5,26	5,37
6,0	2,33	2,60	2,85	3,08	3,29	3,49	3,68	3,86	4,04	4,20	4,36	4,51	4,66	4,80	4,94	5,08	5,21	5,34	5,46	5,59

## NOTES

- 1 Les chiffres ci-dessus, qui s'appuient en principe sur des considérations théoriques et sur des observations faites lors d'essais en œuvre, représentent un compromis entre les différentes conditions climatiques et les différentes méthodes de mûrissement.
- 2 Les chiffres ci-dessus s'appliquent aux tuyaux de diamètre intérieur 100 mm. Les quantités d'eau ajoutée admissibles correspondant à des diamètres intérieurs de  $d$  mm, pourront être calculées en multipliant les valeurs du tableau par un facteur  $n$  calculé de la façon suivante :  $n = d/100$ .
- 3 Les chiffres ci-dessus sont donnés pour des pressions d'essai de 0,4 à 2,3 MPa, par tranches de 0,1 MPa. Pour obtenir l'ajout d'eau maximal admissible pour des pressions d'essai PEO ne figurant pas dans le tableau, procéder suivant l'exemple ci-après : PEO = 1,35 MPa; durée = 2 h : l'eau ajoutée admissible sera

$$1,87 \sqrt{\frac{1,35 \text{ MPa}}{1,0 \text{ MPa}}} = 2,17 \text{ litres/100 m de } \phi \text{ 100 mm}$$

où 1,87 correspond à la pression d'essai de 1,0 MPa.

- 4 Si la canalisation est complètement remblayée avant l'essai de pression, de sorte que les joints ne sont pas visibles pour le contrôle, l'eau ajoutée doit être inférieure d'au moins 10 % aux chiffres du tableau.

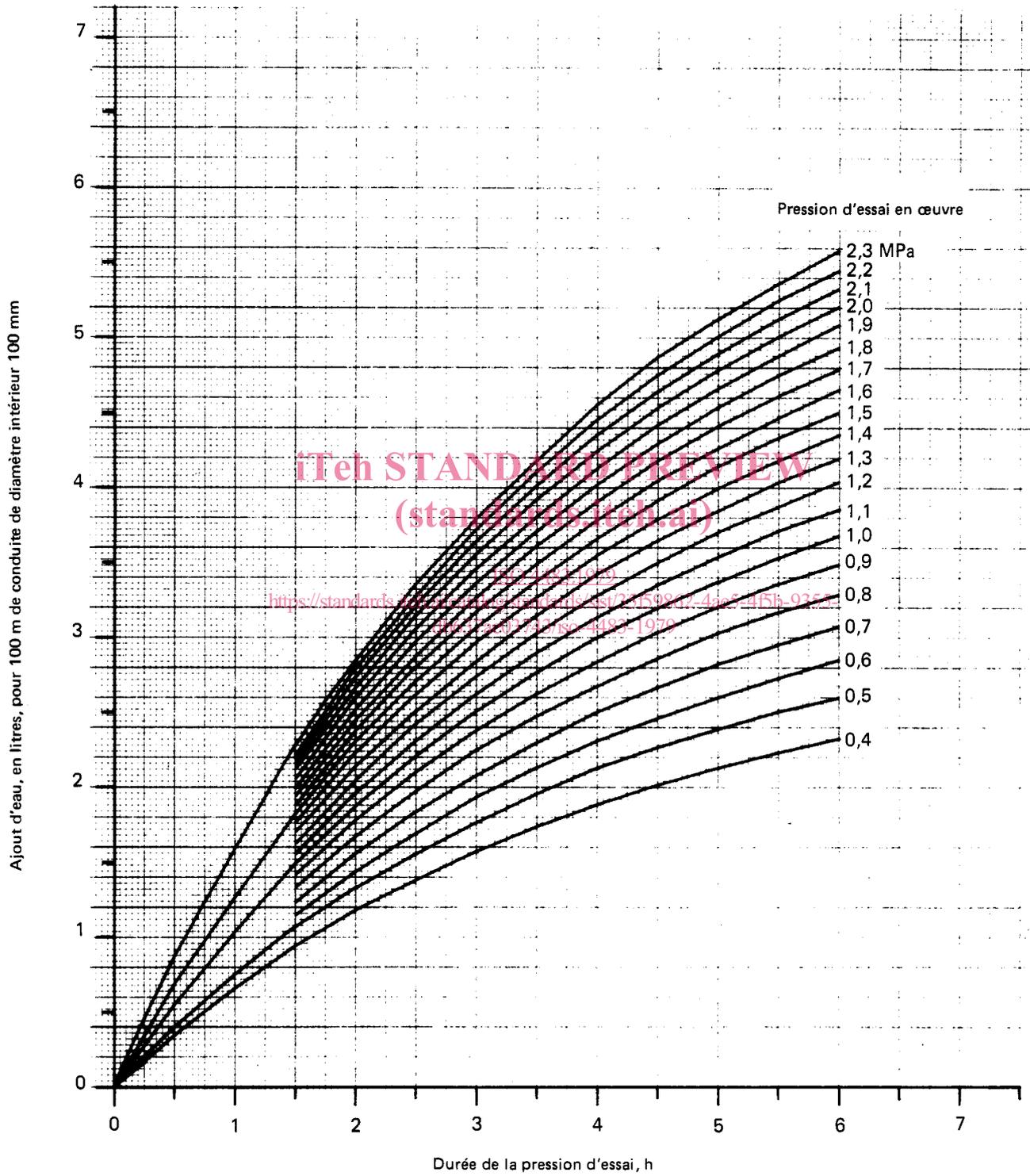


FIGURE – Ajout d'eau maximal admissible par rapport à la durée et à la hauteur de la pression d'essai en œuvre

## Annexe

### Essai type 2 — Appareillage et méthode

(voir chapitre 5)

#### A.1 Appareillage d'essai

##### A.1.1 Appareillage d'essai d'étanchéité des joints

L'appareil consiste, en principe, en un tube d'acier de faible longueur dont le diamètre extérieur est légèrement plus faible que le diamètre nominal du tuyau. Il faut utiliser un appareil distinct par diamètre nominal.

Le tube d'acier doit être équipé des éléments suivants :

**A.1.1.1 Deux chambres en caoutchouc** de section large et plate, qui seront remplies d'eau sous une pression pouvant aller jusqu'à 2,5 MPa, et fixées aux deux extrémités du tube.

**A.1.1.2 Un réservoir** contenant suffisamment d'eau pour remplir les deux chambres et l'espace annulaire entre le tube en acier, les chambres en caoutchouc et la paroi intérieure du manchon comprise entre ses bagues d'étanchéité.

**A.1.1.3 Trois petites pompes à main** (ou au moins deux) pour :

- a) remplir les chambres et l'espace annulaire,
- b) appliquer la pression intérieure nécessaire dans les chambres et dans l'espace annulaire,
- c) refouler l'eau dans le réservoir,

ainsi que l'appareillage nécessaire en tubulures et manomètres.

**A.1.1.4 Huit petites roues** (quatre à chaque extrémité du tube d'acier) espacées d'environ 90° sur le pourtour du tube et fixées de telle sorte que celui-ci, avec tout son équipement, puisse se déplacer en direction axiale à l'intérieur de la canalisation d'essai.

NOTE — L'ensemble de l'équipement doit être monté à l'intérieur du tube d'acier de façon qu'un homme puisse passer à l'intérieur de la canalisation, d'un côté à l'autre de l'appareillage.

##### A.1.2 Appareillage d'essai de la canalisation entière

Pour l'essai final de la canalisation entière, il faut recourir au même appareillage que celui décrit en 4.3.

#### A.2 Méthode d'essai

##### A.2.1 Essai d'étanchéité des joints

Les essais d'étanchéité des joints ne doivent pas être effectués avant que deux longueurs de tuyaux, au moins, aient été remblayées de chaque côté du joint à essayer.

L'appareillage d'essai doit être introduit dans la canalisation et roulé en direction du premier joint à essayer. L'appareil doit être centré sur le jeu séparant les extrémités adjacentes des deux tuyaux sur lesquels est monté le joint à essayer. Les chambres doivent alors être remplies d'eau et la pression montée à une valeur de 0,1 à 0,2 MPa supérieure à celle qui devra être appliquée à l'espace annulaire compris entre le joint et les extrémités des tuyaux. Avant d'appliquer la pression dans cet espace annulaire, on placera deux cales plates en acier, de largeur appropriée, dans le jeu existant à l'autre extrémité des deux tuyaux concernés. Ces cales sont destinées à éviter tout déplacement axial des tuyaux lors de la mise en pression. (Par cette méthode, on utilise le frottement entre le remblai et le fût des tuyaux.)