

---

---

**Reconnaissance et essais  
géotechniques — Essais en place —**

**Partie 4:  
Essai au pressiomètre Ménard**

*Geotechnical investigation and testing — Field testing —*

*Part 4: Ménard pressuremeter test*  
**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 22476-4:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e844425b-5e6a-47ba-b80a-8aede7761159/iso-22476-4-2012>



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

ISO 22476-4:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e844425b-5e6a-47ba-b80a-8aede7761159/iso-22476-4-2012>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2012

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](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b> .....	<b>iv</b>
<b>1 Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Références normatives</b> .....	<b>2</b>
<b>3 Termes, définitions et symboles</b> .....	<b>2</b>
3.1 Termes et définitions.....	2
3.2 Symboles.....	4
<b>4 Appareillage</b> .....	<b>7</b>
4.1 Description générale.....	7
4.2 Sondes du pressiomètre.....	8
4.3 Contrôleur pression-volume (CPV).....	11
4.4 Tubulure.....	11
4.5 Liquide injecté.....	11
4.6 Moyens de mesure et de contrôle.....	13
4.7 Enregistreur des données.....	13
<b>5 Mode opératoire d'essai</b> .....	<b>14</b>
5.1 Assemblage.....	14
5.2 Étalonnage et correction.....	14
5.3 Placement de la sonde et forage pressiométrique.....	14
5.4 Préparation de l'essai.....	14
5.5 Établissement du programme de chargement.....	15
5.6 Établissement de la pression différentielle.....	16
5.7 Expansion.....	16
5.8 Remblayage du forage.....	17
5.9 Exigences de sécurité.....	17
<b>6 Résultats d'essai</b> .....	<b>18</b>
6.1 Fiches de données et imprimé sur le terrain.....	18
6.2 Courbe corrigée du pressiomètre.....	19
6.3 Résultats par le calcul.....	20
<b>7 Rapports</b> .....	<b>20</b>
7.1 Généralités.....	20
7.2 Rapport de terrain.....	20
7.3 Rapport d'essai.....	20
<b>Annexe A (normative) Caractéristiques géométriques des sondes du pressiomètre</b> .....	<b>23</b>
<b>Annexe B (normative) Étalonnage et correction</b> .....	<b>26</b>
<b>Annexe C (normative) Placement de la sonde du pressiomètre dans le sol</b> .....	<b>34</b>
<b>Annexe D (normative) Détermination des caractéristiques du pressiomètre</b> .....	<b>42</b>
<b>Annexe E (normative) Exactitude et incertitudes</b> .....	<b>50</b>
<b>Annexe F (normative) Rapport d'essais pressiométriques</b> .....	<b>51</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>55</b>

## 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 22476-4 a été élaborée par le comité technique CEN/TC 341, *Enquête géotechnique et test*, du Comité européen de normalisation, en collaboration avec le Comité technique ISO/TC 182, *Géotechnique*, sous-comité SC 1, *Recherches et essais géotechniques*, conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

L'ISO 22476 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Reconnaissance et essais géotechniques — Essais en place*:

- *Partie 1: Essais de pénétration du cône électrique et au piézocône*
- *Partie 2: Essais de pénétration dynamique*
- *Partie 3: Essai de pénétration au carottier*
- *Partie 4: Essai au pressiomètre Ménard*
- *Partie 5: Essai au dilatomètre flexible*
- *Partie 7: Essai au dilatomètre rigide diamétral*
- *Partie 9: Essai au scissomètre de chantier*
- *Partie 10: Essai de sondage par poids* [Spécification technique]
- *Partie 11: Essai au dilatomètre plat* [Spécification technique]
- *Partie 12: Essai de pénétration statique au cône à pointe mécanique*

# Reconnaissance et essais géotechniques — Essais en place —

## Partie 4: Essai au pressiomètre Ménard

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 22476 spécifie des exigences relatives à l'équipement, à l'exécution et aux rapports pour un essai au pressiomètre Ménard.

NOTE 1 La présente partie de l'ISO 22476 répond aux exigences d'un essai au pressiomètre Ménard, en tant que partie de la reconnaissance et des essais géotechniques conformément à l'EN 1997-1 et à l'EN 1997-2.

La présente partie de l'ISO 22476 décrit la procédure pour conduire un essai au pressiomètre Ménard dans des sols naturels, dans des couches traitées ou non traitées et dans des roches fragiles, sur terre ou en milieu maritime.

Les résultats des essais au pressiomètre de la présente partie de l'ISO 22476 permettent une détermination quantitative de la résistance du sol et des paramètres de déformation. Ils peuvent fournir des informations lithologiques. Ils peuvent aussi être combinés avec des investigations directes, par exemple des essais conformes à l'ISO 22475-1 ou comparés à d'autres essais in-situ (voir l'EN 1997-2:2007, 2.4.1.4 P, 4.1 (1) P et 4.2.3(2) P). (standards.iteh.ai)

L'essai au pressiomètre Ménard est réalisé par la dilatation radiale d'une sonde tricellulaire placée dans le sol (voir [Figure 1](#)). Au cours de l'injection de liquide dans la sonde, la dilatation des trois cellules provoque d'abord l'entrée en contact de la gaine de la sonde avec les parois du trou de forage, puis y exerce une pression, ce qui donne lieu à un refoulement du sol. La pression appliquée à la sonde et la dilatation volumique associée de cette dernière sont mesurées et enregistrées de manière à déterminer la relation contrainte-déformation du sol lors de l'essai.

Conjointement avec les résultats des investigations conformes à l'ISO 22475-1 disponibles, ou au moins avec l'identification et la description du sol conformément à l'ISO 14688-1 et à l'ISO 14689-1 obtenues lors des opérations d'essai au pressiomètre, les résultats d'essai du présent document conviennent pour la caractérisation quantitative du profil de sol, qui inclut

- le module Ménard,  $E_M$ ,
- la pression limite Ménard,  $p_{LM}$ , et
- la pression de fluage Ménard,  $p_{fM}$ .

La présente partie de l'ISO 22476 fait référence à une sonde décrite historiquement comme la sonde de type G de 60 mm. La présente partie de l'ISO 22476 s'applique à des profondeurs d'essai limitées à 50 m et à une pression d'essai ne dépassant pas 5 MPa.

NOTE 2 Les essais pressiométriques Ménard sont réalisés avec d'autres diamètres de sonde et dimensions de cavité, comme noté ci-après.

Sonde		Diamètre de forage mm	
Désignation	Diamètre mm	min	max
AX	44	46	52
BX	58	60	66
NX	70/74	74	80

Deux procédures alternatives sont fournies:

- procédure A: les données sont consignées manuellement;
- procédure B: les données sont enregistrées automatiquement.

## 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 14688-1, *Reconnaissance et essais géotechniques — Dénomination, description et classification des sols — Partie 1: Dénomination et description*

ISO 14689-1, *Reconnaissance et essais géotechniques — Dénomination, description et classification des roches — Partie 1: Dénomination et description*

ISO 22475-1, *Reconnaissance et essais géotechniques — Méthodes de prélèvement et mesurages piézométriques — Partie 1: Principes techniques des travaux*

ENV 13005:1999, *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure*

## 3 Termes, définitions et symboles

### 3.1 Termes et définitions

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

#### 3.1.1

##### **pressiomètre**

ensemble de l'appareillage utilisé pour la réalisation d'un essai au pressiomètre Ménard, indépendamment des moyens nécessaires pour la mise en place de la sonde pressiométrique dans le terrain

Note 1 à l'article: Un pressiomètre comporte une sonde pressiométrique, un contrôleur pression-volume appelé CPV, des tubes de raccordement de la sonde au CPV et, dans le cas de la procédure B, un système d'enregistrement incorporé au CPV ou rapporté sur celui-ci.

Note 2 à l'article: Voir [Figure 2](#).

#### 3.1.2

##### **cavité pressiométrique**

cavité cylindrique de section circulaire formée dans le sol pour y recevoir une sonde

#### 3.1.3

##### **forage pressiométrique**

trou de forage dans lequel est réalisée une série de cavités cylindriques de section circulaire et à l'intérieur desquelles est placée la sonde pressiométrique

**3.1.4****essai pressiométrique**

processus qui consiste à dilater une sonde cylindrique dans le terrain en appliquant des paliers de pression conformément à un programme défini et à mesurer la variation du volume en résultant en fonction du temps

Note 1 à l'article: Voir Article F.1 et [Figure 4](#).

**3.1.5****sondage pressiométrique**

ensemble des opérations successives nécessaires pour réaliser un essai pressiométrique Ménard à un emplacement donné, à savoir l'exécution d'un forage pressiométrique et la réalisation d'essais pressiométriques dans ce forage

Note 1 à l'article: Voir Article F.2.

**3.1.6****pression pressiométrique lue,  $p_r$** 

pression dans le circuit d'injection du liquide alimentant la cellule centrale lue au niveau du contrôleur pression-volume (CPV)

**3.1.7****résistance propre**

perte de pression

différence entre la pression dans la sonde et la pression appliquée aux parois du trou de forage

**3.1.8****dilatation propre**

perte de volume

différence entre le volume injecté dans la sonde et le volume lu sur l'appareil de mesure

[ISO 22476-4:2012](#)

**3.1.9****courbe pressiométrique brute**

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e844425b-5e6a-47ba-b80a-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e844425b-5e6a-47ba-b80a-8aede7761159/iso-22476-4-2012)

[8aede7761159/iso-22476-4-2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e844425b-5e6a-47ba-b80a-8aede7761159/iso-22476-4-2012)

représentation graphique des valeurs du volume injecté  $V_{60}$  dans la sonde, en fonction de la pression appliquée au terrain, notée 60 s après le début de chaque palier de pression,  $p_r$

**3.1.10****courbe pressiométrique corrigée**

représentation graphique du volume corrigé  $V$  en fonction de la pression corrigée  $p$

Note 1 à l'article: Voir [Figure 5](#).

**3.1.11****fluage Ménard**

différence des volumes enregistrés à 60 s et à 30 s lors de chaque palier de pression:  $V_{60} - V_{30} = \Delta V_{60/30}$

**3.1.12****courbe de fluage Ménard corrigée**

représentation graphique du fluage Ménard corrigé en fonction de la pression appliquée corrigée à chaque palier de pression

Note 1 à l'article: Voir [Figure 5](#).

**3.1.13****sondage pressiométrique**

représentation graphique des résultats des essais pressiométriques réalisés à différents niveaux au cours d'un même forage pressiométrique, accompagnée des informations qui ont été recueillies pendant cette opération

Note 1 à l'article: Voir [Annexe F](#).

**3.1.14**

**module pressiométrique Ménard,  $E_M$**

module  $E$  calculé sur le segment entre  $(p_1, V_1)$  et  $(p_2, V_2)$  de la courbe pressiométrique

Note 1 à l'article: Voir [Annexe D](#) et [Figure 5](#).

**3.1.15**

**pression limite pressiométrique Ménard,  $p_{LM}$**

pression correspondant, à la profondeur de la cellule de mesure, à celle qui entraîne le doublement du volume de la cavité initiale

Note 1 à l'article: Voir [Annexe D](#).

**3.1.16**

**pression de fluage pressiométrique,  $p_{fM}$**

pression déterminée d'après la courbe de fluage

Note 1 à l'article: Voir [Annexe D](#).

**3.1.17**

**opérateur**

personne qualifiée réalisant l'essai

**3.1.18**

**tubage**

longueurs de tube introduites dans un trou de forage pour empêcher le trou de s'ébouler ou pour éviter la perte de fluide de forage vers la formation environnante, au-dessus de la cavité

**3.2 Symboles**

Pour les besoins du présent document, les symboles du [Tableau 1](#) s'appliquent.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e844425b-5e6a-47ba-b80a-8a9de7761159/iso-22476-4-2012>

**Tableau 1 — Symboles**

Symbole	Description	Unité
$a$	Coefficient d'expansion propre de l'appareillage	cm <sup>3</sup> /MPa
$d_{ci}$	Diamètre extérieur de la partie interne de la sonde avec tube fendu	mm
$d_i$	Diamètre intérieur du tube utilisé pour l'étalonnage lors de l'essai d'expansion propre de l'appareillage	mm
$d_c$	Diamètre extérieur de la cellule centrale, y compris son habillage souple éventuel	mm
$d_t$	Diamètre de l'outil de forage	mm
$e$	Épaisseur du tube utilisé pour l'étalonnage lors de l'essai d'expansion propre de l'appareillage	mm
$l_p$	Longueur du tube utilisé pour l'étalonnage lors de l'essai d'expansion propre de l'étalonnage	mm
$l_g$	Longueur de chaque cellule de garde	mm
$l_{gs}$	Longueur de chaque cellule de garde de la sonde pressiométrique courte	mm
$l_{gl}$	Longueur de chaque cellule de garde de la sonde pressiométrique longue	mm
$l_m$	Longueur projetée sur l'axe longitudinal de la partie fendue du tube fendu	mm
$l_c$	Longueur de la cellule centrale de la sonde, mesurée après montage de la membrane	mm
$l_{cs}$	Longueur de la petite cellule centrale après montage de la membrane sur une sonde courte	mm

Tableau 1 (suite)

Symbole	Description	Unité
$l_{cl}$	Longueur de la longue cellule centrale après montage de la membrane sur une sonde longue	mm
$m_E$	Valeur minimale, strictement positive, des pentes $m_i$	cm <sup>3</sup> /MPa
$m_i$	Pente de la courbe pressiométrique corrigée délimitée par les points de coordonnées $(p_{i-1}, V_{i-1})$ et $(p_i, V_i)$	cm <sup>3</sup> /MPa
$p$	Pression appliquée par la sonde au terrain après correction	MPa
$p_e$	Correction due à la membrane, généralement appelée résistance propre de la sonde	MPa
$p_E$	Pression à l'origine du segment de pente $m_E$	MPa
$p_{el}$	pression limite propre de la sonde	MPa
$p_{fM}$	Pression de fluage pressiométrique	MPa
$p_g$	Pression du gaz appliquée par l'indicateur au contrôleur pression-volume CPV aux cellules de garde de la sonde pressiométrique	MPa
$p_h$	Pression hydrostatique entre l'indicateur au contrôleur pression-volume CPV et la cellule centrale de la sonde pressiométrique	MPa
$p_k$	Pression du gaz dans les cellules de garde	MPa
$p_{LM}$	Pression limite pressiométrique Ménard du terrain	MPa
$p_{LM}^*$	Pression limite pressiométrique Ménard nette du terrain	MPa
$p_{LMH}$	Pression limite pressiométrique Ménard extrapolée selon la méthode de la régression hyperbolique	MPa
$p_{LMDH}$	Pression limite pressiométrique Ménard extrapolée selon la méthode hyperbolique double	MPa
$p_{LMR}$	Pression limite pressiométrique Ménard extrapolée selon la méthode de la courbe inverse	MPa
$p_m$	Pression due à la résistance propre de la membrane de la cellule centrale pour une expansion spécifique	MPa
$p_r$	Relevé de pression à la cote altimétrique du capteur dans le circuit d'injection du liquide de la cellule centrale	MPa
$p_c$	Pression du liquide régnant dans la cellule centrale de la sonde pressiométrique	MPa
$p_t$	Pression à atteindre d'après le programme de chargement	MPa
$p_1$	Pression corrigée correspondant à l'origine de la plage sur laquelle est déterminé le module pressiométrique	MPa
$p_2$	Pression corrigée correspondant à l'extrémité de la plage sur laquelle est déterminé le module pressiométrique	MPa
$t$	Temps	s
$t_i$	Temps requis pour l'incrément de pression	s
$t_h$	Temps pendant lequel le niveau de chargement de pression est maintenu	s
$u_s$	Pression de l'eau interstitielle dans le terrain au niveau d'essai	MPa
$z$	Cote altimétrique, comptée positivement vers le haut	m
$z_c$	Cote altimétrique du dispositif de prise de pression du liquide injecté dans la cellule de mesure	m
$z_{cg}$	Cote altimétrique du dispositif de prise de pression du gaz injecté dans les cellules de garde de la sonde pressiométrique	m
$z_N$	Cote altimétrique du terrain naturel à l'emplacement du trou de forage pressiométrique	m

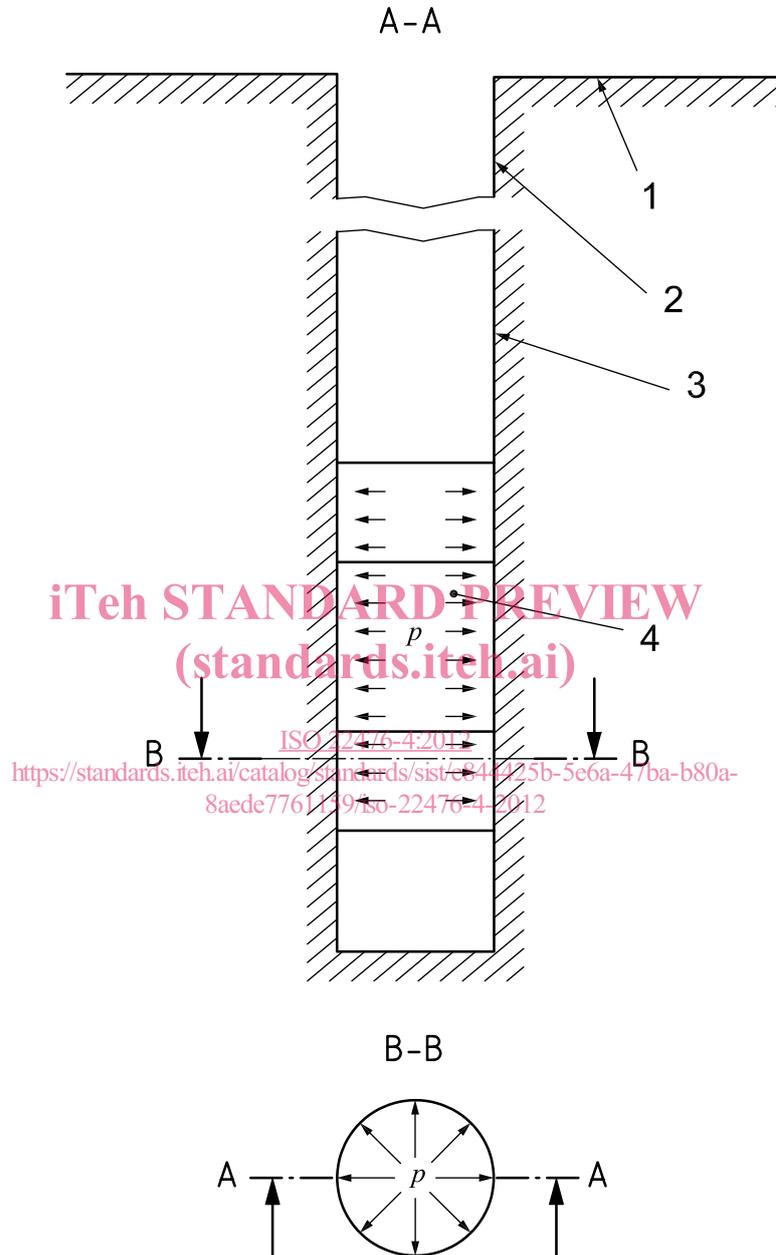
Tableau 1 (suite)

Symbole	Description	Unité
$z_p$	Cote altimétrique du milieu de la cellule de mesure lors de l'essai	m
$z_w$	Cote altimétrique du niveau de la nappe (ou du plan d'eau en site aquatique)	m
CPV	Contrôleur pression-volume	—
$E$	Type de sonde pressiométrique dans laquelle les trois cellules sont formées par trois membranes séparées juxtaposées	—
$E_M$	Module pressiométrique Ménard	MPa
$G$	Type de sonde pressiométrique dans laquelle la cellule centrale est formée par une membrane spécialisée sur laquelle une membrane externe est fixée pour former les cellules de garde (voir <a href="#">Figure 2</a> )	—
$K_0$	Coefficient de pression des terres au repos à la profondeur de l'essai	—
$V$	Valeur, après remise à zéro et correction des données, du volume injecté dans la cellule centrale et mesuré 60 s après le début d'un palier de pression	cm <sup>3</sup>
$V_c$	Volume initial conventionnel de la cellule centrale de mesure y compris son éventuel habillage	cm <sup>3</sup>
$V_m$	Volume moyen corrigé entre $V_1$ et $V_2$	cm <sup>3</sup>
$V_p$	Volume déterminé lors de l'essai d'étalonnage de l'expansion propre de l'appareillage (voir <a href="#">Figure B.2</a> )	cm <sup>3</sup>
$V_E$	Valeur, après corrections, du volume injecté dans la cellule centrale correspondant à la pression $p_E$ .	cm <sup>3</sup>
$V_L$	Valeur, après corrections, du volume injecté dans la cellule centrale de mesure correspondant au doublement du volume initial de la cavité pressiométrique	cm <sup>3</sup>
$V_r$	Volume injecté dans la sonde (avant correction des données) lu sur le CPV	cm <sup>3</sup>
$V_t$	Volume de la cellule de mesure centrale pouvant inclure le tube fendu	cm <sup>3</sup>
$V_1$	Volume corrigé correspondant au début de la plage sur laquelle est déterminé le module pressiométrique (voir <a href="#">Figure 5</a> )	cm <sup>3</sup>
$V_2$	Volume corrigé correspondant à l'extrémité de la plage sur laquelle est déterminé le module pressiométrique	cm <sup>3</sup>
$V_{30}$	Volume injecté dans la cellule centrale de mesure 30 s après le début du palier	cm <sup>3</sup>
$V_{60}$	Volume injecté dans la cellule centrale de mesure 60 s après le début du palier	cm <sup>3</sup>
$\beta$	Coefficient servant au calcul de la plage pressiométrique conventionnelle	—
$\gamma$	Poids volumique du terrain au moment de l'essai	KN/m <sup>3</sup>
$\gamma_i$	Poids volumique du liquide injecté dans la cellule centrale de mesure	KN/m <sup>3</sup>
$\gamma_w$	Poids volumique de l'eau	KN/m <sup>3</sup>
$\lambda_g$	Coefficient de compressibilité du gaz sous $p_k$ par mètre de profondeur	m <sup>-1</sup>
$\nu$	Coefficient de Poisson	—
$\sigma_{vs}$	Contrainte totale verticale du terrain à la profondeur de l'essai	kPa
$\sigma_{hs}$	Contrainte totale horizontale du terrain à la cote altimétrique de l'essai	kPa
$\Delta p$	Pas de pression	MPa
$\Delta p_1$	Pas de pression initial	MPa
$\Delta V_{60/30}$	Variation de volume injecté entre 30 s et 60 s au cours d'un même palier de pression – caractéristique de fluage	cm <sup>3</sup>
$\Delta V_{60/60}$	Variation de volume injecté à 60 s entre deux paliers consécutifs	cm <sup>3</sup>

## 4 Appareillage

### 4.1 Description générale

Le principe d'un essai au pressiomètre Ménard est montré à la [Figure 1](#).



#### Légende

- |   |                                     |     |                    |
|---|-------------------------------------|-----|--------------------|
| 1 | surface du sol                      | $p$ | pression appliquée |
| 2 | sol                                 | A-A | section axiale     |
| 3 | cavité pressiométrique              | B-B | section transverse |
| 4 | sonde pressiométrique en dilatation |     |                    |

**Figure 1 — Principe d'un essai au pressiomètre Ménard**

Le pressiomètre, représenté à la [Figure 2](#), doit comprendre:

- une sonde tricellulaire;

- un train de tiges de manœuvre de la sonde;
- un contrôleur pression-volume (CPV);
- la tubulure reliant le CPV à la sonde.

Le contrôleur pression-volume (CPV) doit comporter:

- un système de mise en pression et de dilatation de la sonde, capable de maintenir des pressions constantes comme requis lors de l'essai;
- un système permettant de maintenir une différence de pression appropriée entre la cellule centrale de mesure et les cellules de garde;
- un dispositif permettant la lecture directe et, dans le cas de la procédure B, l'enregistrement automatique des caractéristiques à mesurer: temps, pression et volume.

Les dispositifs de mesurage de la pression du liquide dans la cellule centrale et du gaz dans les cellules de garde sont situés:

- soit en surface;
- soit à l'intérieur de la sonde, à moins de 1 m du milieu de la cellule centrale de mesure.

Dans le premier cas, le CPV doit être muni de moyens permettant de contrôler la valeur de la pression stabilisée dans la sonde considérée.

Il faut, en outre, disposer de moyens permettant de déterminer la profondeur de l'essai avec l'exactitude requise.

ITeH STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

## 4.2 Sondes du pressiomètre

ISO 22476-4:2012

Deux types de sonde doivent être utilisés selon la nature et l'état du terrain.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/si/844425b-5e6a-47ba-b80a-8aede7761159/iso-22476-4-2012>

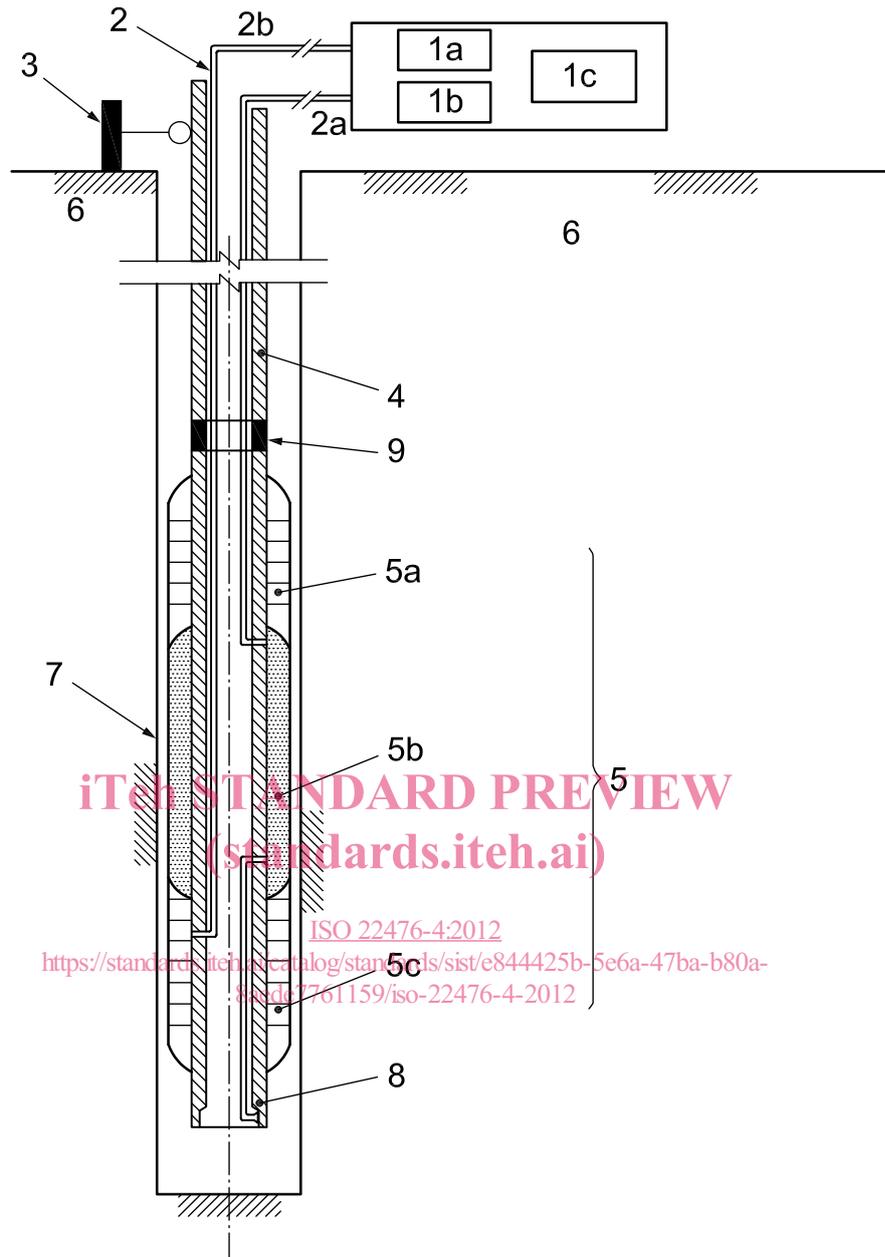
- sonde à gaine souple;
- sonde à gaine souple associée à une protection plus rigide ou à un tube fendu en acier.

Ces sondes sont respectivement décrites aux [Figures 3 a\)](#) et [3 b\)](#), et leurs caractéristiques géométriques sont données au [Tableau A.1](#).

Lorsque la sonde est battue ou foncée dans le sol (voir C.3), elle doit être équipée d'une protection plus rigide ou d'un tube fendu avec une allonge terminée par une pointe ou un chanfrein extérieur.

NOTE Si un tube fendu n'est pas utilisé, le corps de la sonde doit être dimensionné pour résister au fonçage ou à la battue.

La sonde doit pouvoir être dilatée d'au moins 700 cm<sup>3</sup> (550 cm<sup>3</sup> pour une sonde dotée d'une cellule centrale courte et placée dans un tube fendu).



### Légende

- 1 contrôleur pression-volume: 1a, app. de pressurisation, pressurisation différentielle et injection; 1b, app. de mesure de pression et volume; 1c, acquisition, stockage et impression des données (requis pour proc. B)
- 2 tubes de connexion: 2a, tube pour injection de liquide; 2b, tube pour injection de gaz
- 3 système de mesure de la profondeur
- 4 tiges
- 5 sonde pressiométrique: 5a, cellule de garde sup.; 5b, cellule de mesure centrale; 5c, cellule de garde inf.
- 6 sol
- 7 cavité d'essai au pressiomètre
- 8 corps de la sonde, âme creuse
- 9 barre de couplage de la sonde

Figure 2 — Schéma d'un pressiomètre Ménard

#### 4.2.1 Sonde à gaine souple

La sonde doit comprendre trois cellules cylindriques de section circulaire et de même axe (voir [Figure A.1](#)). Au cours de l'essai, ces cellules agissent simultanément sur la paroi de forage. La sonde comprend:

- une cellule centrale de mesure, de diamètre extérieur  $d_c$  et de longueur  $l_c$  ( $l_{cl}$  pour une «sonde longue» ou  $l_{cs}$  pour une «sonde courte» — voir [Tableau A.1](#)), qui doit pouvoir se déformer radialement dans un forage et appliquer une contrainte uniforme à la paroi de forage. Elle doit être dilatée par injection d'un liquide supposé être incompressible;
- deux cellules de garde de diamètre extérieur  $d_g$  et de longueur  $l_g$  ( $l_{gl}$  ou  $l_{gs}$ ), situées de part et d'autre de la cellule centrale de mesure et destinées à appliquer à la paroi de forage une contrainte voisine mais pas supérieure à celle de la cellule centrale. Elles doivent être dilatées par un gaz sous pression.

La sonde doit être constituée d'une âme métallique creuse pour le passage des tubes d'injection des fluides servant à dilater les cellules. Elle doit être équipée d'une membrane pour la cellule centrale et d'une gaine souple. L'âme métallique doit porter généralement, sur sa surface extérieure cylindrique, un système de rainures répartissant uniformément le liquide dans la cellule centrale entre la membrane et l'âme métallique. Elle doit servir de support à la membrane et à la gaine souple. La partie supérieure de l'âme doit être terminée par un raccord destiné à assurer la liaison avec le train de tiges manœuvrant la sonde depuis la surface du terrain; la membrane de la cellule centrale doit isoler le fluide contenu dans la cellule centrale du gaz contenu dans les cellules de garde. La gaine souple recouvrant la membrane de la cellule centrale donne également la forme aux cellules de garde. Une protection souple supplémentaire faite de lamelles d'acier de 17 mm de large, soit en se chevauchant (jusqu'à mi-course), soit isolées, et passant entre les anneaux de fixation (voir [Figure A.1](#)), peut être ajoutée par-dessus la gaine. Les tubes d'injection des fluides doivent relier les cellules de la sonde au CPV. Le robinet de purge de la cellule de mesure doit dépasser de la partie inférieure de l'âme métallique.

NOTE La protection souple peut être ajoutée pour réduire les dommages à la gaine dus aux fragments effilés saillants des murs de la cavité.

ISO 22476-4:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e844425b-5e6a-47ba-b80a-8aede7761159/iso-22476-4-2012>

#### 4.2.2 Sonde avec tube fendu

Cette sonde doit consister en deux parties:

- une partie intérieure, qui doit être un élément correspondant à l'assemblage des trois cellules cylindriques de section circulaire et de même axe, et
- une partie extérieure, qui doit être constituée d'un tube en acier fendu (voir [Figure A.1](#)). Lorsque ce tube est poussé ou enfoncé dans le sol il doit être étendu par un tuyau se terminant par une pointe ou un chanfrein extérieur.

La partie intérieure inclue:

- une cellule centrale de mesure, avec un diamètre extérieur  $d_c$  et une longueur  $l_c$  ( $l_{cl}$  pour une «sonde longue» ou  $l_{cs}$  pour une «sonde courte» — voir [Tableau A.1](#)), qui doit se déformer radialement dans un forage et appliquer une contrainte uniforme à la paroi de forage. Cette cellule doit être dilatée par injection d'un liquide supposé être incompressible;
- deux cellules de garde de diamètre extérieur  $d_g$  et de longueur  $l_g$  ( $l_{gl}$  ou  $l_{gs}$ ), situées de part et d'autre de la cellule centrale de mesure et conçues pour appliquer à la paroi de forage une contrainte voisine mais pas supérieure à celle de la cellule centrale. Elles doivent être dilatées par un gaz sous pression.

Lors d'un essai, ces cellules doivent agir de manière simultanée sur la paroi intérieure du tube fendu, qui doit transférer les efforts aux parois de la cavité.

Le tube fendu doit comprendre 6 fentes parallèles à l'axe du tube, ou hélicoïdales équidistantes sur la circonférence [Figure 3 b)]. La longueur des fentes,  $l_m$ , est mesurée parallèlement à l'axe du tube. Cette longueur doit être la plus grande des deux valeurs suivantes:

$$1,3 (l_c + 2 l_g) \quad \text{ou} \quad 800 \text{ mm.}$$

Avant et après dilatation de la sonde, l'ouverture de chaque fente du tube fendu doit être inférieure ou égale à 0,4 mm. Après dilatation, le tube fendu et les fentes doivent retrouver leur forme et leurs dimensions initiales.

L'élément de la sonde à l'intérieur du tube fendu doit être positionné entre des rondelles élastiques permettant à la sonde de se déformer radialement en offrant une résistance minimale.

### 4.3 Contrôleur pression-volume (CPV)

Le CPV est doit être conçu autour d'un volumètre cylindrique équipé d'un système de mise en pression et d'un ensemble de dispositifs de mesurage. Le CPV doit contrôler l'expansion des cellules de la sonde et permettre de mesurer simultanément, en fonction du temps, les pressions du liquide et du gaz ainsi que le volume de liquide injecté.

Le système de mise en pression doit permettre de:

- atteindre la pression limite pressiométrique ou une pression  $p_r$  au moins égale à 5 MPa;
- maintenir constant chaque palier de pression de chargement dans la cellule de mesure et dans les cellules de garde pendant la durée définie;
- appliquer un pas de pression de 0,5 MPa, mesuré au CPV, en moins de 20 s;
- réguler la différence de pression entre la cellule de mesure et les cellules de garde;
- injecter un volume de liquide dans la cellule de mesure supérieur à 700 cm<sup>3</sup>.

Dans le CPV, un robinet d'arrêt entre le volumètre et le dispositif de mesurage de la pression doit en outre permettre l'arrêt de l'injection.

### 4.4 Tubulure

Les tubes souples doivent relier le CPV à la sonde. Ils doivent permettre le passage du liquide vers la cellule de mesure et du gaz vers les cellules de garde. Ils peuvent être parallèles ou coaxiaux. Lorsque les tubes sont coaxiaux, le tube central doit permettre le passage du liquide, tandis que le tube extérieur doit acheminer le gaz.

### 4.5 Liquide injecté

Le liquide injecté dans la cellule de mesure est soit de l'eau, soit un liquide de viscosité équivalente à celle de l'eau et insensible au gel dans les conditions d'utilisation.