

---

---

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

**Partie 5:  
Essai au dilatomètre flexible**

*Geotechnical investigation and testing — Field testing —*

*Part 5: Flexible dilatometer test*

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

ISO 22476-5:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/85dabf0a-93fd-4298-9909-2832cd7cfdc8/iso-22476-5-2012>



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

ISO 22476-5:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/85dabf0a-93fd-4298-9909-2832cd7cfdc8/iso-22476-5-2012>



### 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

<b>Sommaire</b>	<b>Page</b>
<b>Avant-propos</b> .....	<b>iv</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>v</b>
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes, définitions et symboles</b> .....	<b>1</b>
<b>3.1</b> <b>Termes et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>3.2</b> <b>Symboles et abréviations</b> .....	<b>3</b>
<b>4</b> <b>Appareillage</b> .....	<b>4</b>
<b>4.1</b> <b>Généralités</b> .....	<b>4</b>
<b>4.2</b> <b>Sonde dilatométrique</b> .....	<b>6</b>
<b>4.3</b> <b>Contrôleur de pression et dispositif de mesure du déplacement</b> .....	<b>8</b>
<b>4.4</b> <b>Tubulures</b> .....	<b>8</b>
<b>4.5</b> <b>Exactitude de mesure et de contrôle</b> .....	<b>9</b>
<b>4.6</b> <b>Enregistrement de données</b> .....	<b>9</b>
<b>5</b> <b>Mode opératoire de l'essai</b> .....	<b>9</b>
<b>5.1</b> <b>Exigences de sécurité</b> .....	<b>9</b>
<b>5.2</b> <b>Raccordement des éléments de l'appareillage</b> .....	<b>9</b>
<b>5.3</b> <b>Étalonnage du dispositif d'essai et corrections des lectures</b> .....	<b>10</b>
<b>5.4</b> <b>Incertitudes de mesure</b> .....	<b>10</b>
<b>5.5</b> <b>Préparation du sondage</b> .....	<b>10</b>
<b>5.6</b> <b>Forage de la cavité et mise en place du dispositif</b> .....	<b>11</b>
<b>5.7</b> <b>Exécution de l'essai</b> .....	<b>11</b>
<b>5.8</b> <b>Fin de chargement</b> .....	<b>12</b>
<b>5.9</b> <b>Remblayage du trou de forage</b> .....	<b>12</b>
<b>6</b> <b>Résultats d'essai</b> .....	<b>13</b>
<b>6.1</b> <b>Équations de base</b> .....	<b>13</b>
<b>6.2</b> <b>Essai de chargement</b> .....	<b>13</b>
<b>6.3</b> <b>Essais à pression constante (mode opératoire D)</b> .....	<b>17</b>
<b>6.4</b> <b>Graphiques non corrigés et corrigés</b> .....	<b>18</b>
<b>7</b> <b>Rapport d'essai</b> .....	<b>19</b>
<b>7.1</b> <b>Généralités</b> .....	<b>19</b>
<b>7.2</b> <b>Rapport des résultats</b> .....	<b>19</b>
<b>7.3</b> <b>Choix de la mise à l'échelle des axes</b> .....	<b>20</b>
<b>7.4</b> <b>Présentation des résultats d'essai</b> .....	<b>21</b>
<b>Annexe A (normative) Étalonnage et corrections</b> .....	<b>22</b>
<b>Annexe B (normative) Réalisation de l'essai</b> .....	<b>25</b>
<b>Annexe C (normative) Rapport du terrain et résultats de <math>G_{FDT}</math></b> .....	<b>29</b>
<b>Annexe D (normative) Exactitude et incertitudes</b> .....	<b>32</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>33</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'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 22476-1 a été élaborée par le comité technique CEN/TC 341, *Reconnaissance et essais géotechniques*, du Comité européen de normalisation (CEN) 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 au 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*

## Introduction

Les résultats des essais dilatométriques sont utilisés pour les calculs de déformation à condition que la plage des contraintes appliquée lors de l'essai soit représentative des contraintes appliquées par la structure projetée. L'expérience locale améliore normalement l'application des résultats. De plus, pour l'identification et la classification du terrain, les résultats du prélèvement (conformément à l'ISO 22475-1) issu de chaque trou de forage sont disponibles pour l'évaluation des essais. Les résultats de l'identification et de la classification (ISO 14688-1 et ISO 14689-1) sont disponibles pour chaque couche distincte de terrain prélevée à la profondeur de reconnaissance souhaitée [voir l'EN 1997-2:2007, 2.4.1.4(2)P, 4.1(1)P et 4.2.3(2)P].

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

[ISO 22476-5:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/85dabf0a-93fd-4298-9909-2832cd7cfdc8/iso-22476-5-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/85dabf0a-93fd-4298-9909-2832cd7cfdc8/iso-22476-5-2012>

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

ISO 22476-5:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/85dabf0a-93fd-4298-9909-2832cd7cfdc8/iso-22476-5-2012>

# Reconnaissance et essais géotechniques — Essais en place —

## Partie 5: Essai au dilatomètre flexible

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 22476 traite des exigences relatives à l'appareillage, à l'exécution et au compte rendu des essais au dilatomètre flexible.

NOTE La présente partie de l'ISO 22476 traite des exigences relatives à l'essai au dilatomètre flexible qui est un des essais en place du domaine de la reconnaissance et des essais géotechniques selon l'EN 1997-1<sup>[1]</sup> et l'EN 1997-2<sup>[2]</sup>.

La présente partie de l'ISO 22476 est applicable aux essais dans un terrain suffisamment ferme pour ne pas être affecté par l'opération de forage.

La présente partie de l'ISO 22476 est applicable aux quatre modes opératoires permettant de réaliser un essai avec le dilatomètre flexible.

La présente partie de l'ISO 22476 s'applique aux essais réalisés jusqu'à 1 800 m de profondeur. Les essais peuvent être menés en milieu terrestre ou aquatique.

### 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 10012, *Systèmes de management de la mesure — Exigences pour les processus et les équipements de mesure*

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*

EN 791, *Appareils de forage — Sécurité*

EN 996, *Matériel de battage — Prescriptions de sécurité*

ENV 13005, *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**

**dilatometre flexible**

sonde cylindrique flexible pouvant se déformer par l'application d'une pression hydraulique ou d'un gaz sous pression et contenant des transducteurs pour le mesurage des déplacements de la membrane flexible et de la pression interne

**3.1.2**

**appareillage pour l'essai au dilatometre flexible**

appareillage complet nécessaire à la réalisation d'un essai au dilatometre flexible: la sonde, une pompe hydraulique ou du gaz à haute pression en bouteilles, un dispositif de mesure et des câbles pour relier la sonde au dispositif de mesure et à la pompe hydraulique ou à la bouteille de gaz

NOTE Les appareils nécessaires à la mise en place de la sonde dilatométrique flexible au point d'essai ne sont pas inclus.

**3.1.3**

**sondage dilatométrique**

ensemble des opérations successives dans un trou de forage donné, c'est-à-dire formant des cavités dilatométriques et réalisant des essais dilatométriques à l'intérieur

**3.1.4**

**cavité d'essai dilatométrique**

cavité cylindrique forée dans le terrain pour recevoir la sonde dilatométrique

**3.1.5**

**essai au dilatometre flexible**

processus d'expansion du dilatometre flexible visant à appliquer la membrane flexible contre la paroi de la cavité et à mesurer l'expansion associée en fonction de la pression et du temps

Voir Figure 1.

**3.1.6**

**diametre nominal de la cavité**

diametre de la cavité au moment de l'application de la pression d'ajustement

**3.1.7**

**pression d'ajustement**

pression pendant l'expansion du dilatometre à laquelle la membrane du dilatometre entre en contact avec la paroi de la cavité

**3.1.8**

**pas de pression**

augmentation fixe de pression dans le dilatometre flexible, en fonction d'un programme prédéterminé et enregistré sur le contrôleur

NOTE Il peut également s'agir d'une diminution.

**3.1.9**

**déplacement diamétral de la cavité**

déplacement de la paroi de la cavité provoqué par une augmentation ou une diminution de pression

**3.1.10**

**augmentation/diminution du diametre**

variation du diametre du dilatometre flexible et du déplacement de la paroi de la cavité provoquée par un pas de variation de pression, augmentation ou diminution et enregistrée dans le dispositif de mesure

**3.1.11**

**courbe dilatométrique**

représentation graphique de la pression en fonction du déplacement de la paroi de la cavité associée



**3.1.12****module dilatométrique de cisaillement au dilatomètre flexible** $G_{FDT}$ 

module calculé à partir de la pente sur plusieurs intervalles de pression et de déplacement de la paroi de la cavité

**3.1.13****module dilatométrique au dilatomètre flexible** $E_{FDT}$ 

module d'Young calculé à partir de la pente sur plusieurs intervalles de pression et de déplacement de la paroi de la cavité

**3.1.14****profondeur de l'essai**

distance entre le niveau du terrain naturel et le milieu de la partie dilatable du dilatomètre mesurée le long du forage

Voir Figure 2.

**3.1.15****opérateur**

personne qualifiée réalisant l'essai

**3.2 Symboles et abréviations**

Pour les besoins du présent document, les symboles donnés dans le Tableau 1 s'appliquent.

**Tableau 1 — Symboles**

Symbole	Description	Unité
$a$	Coefficient de compression de la membrane dans le dilatomètre de variante B	mm·MPa <sup>-1</sup>
$d$	Diamètre corrigé de la cavité	mm
$d_1$	Diamètre corrigé de la cavité au temps $t_1$	mm
$d_2$	Diamètre corrigé de la cavité au temps $t_2$	mm
$d_c$	Diamètre du tube cylindrique d'étalonnage de la compressibilité	mm
$d_d$	Diamètre extérieur du dilatomètre	mm
$d_r$	Diamètre de la cavité affiché par le dispositif de mesure	mm
$d_s$	Diamètre nominal de la cavité après application de la pression d'ajustement	mm
$E_{FDT}$	Module d'Young de l'essai au dilatomètre flexible	MPa
$G_1$	Module de cisaillement lors de la phase de chargement du mode opératoire C	MPa
$G_{FDT}$	Module de cisaillement de l'essai au dilatomètre flexible	MPa
$G_L$	Module de cisaillement lors de la phase de chargement de l'essai au dilatomètre flexible	MPa
$G_R$	Module de cisaillement lors de la phase de rechargement de l'essai au dilatomètre flexible	MPa
$G_U$	Module de cisaillement lors de la phase de déchargement de l'essai au dilatomètre flexible	MPa
$G_{UR}$	Module de cisaillement lors de la phase de déchargement/rechargement de l'essai au dilatomètre flexible	MPa
$k_f$	Paramètre de fluage	mm
$L_{FD}$	Longueur de la partie dilatable de la sonde	mm
$L_g$	Distance axiale entre le capteur ou la section du LVDT et la bague de serrage de la membrane	mm

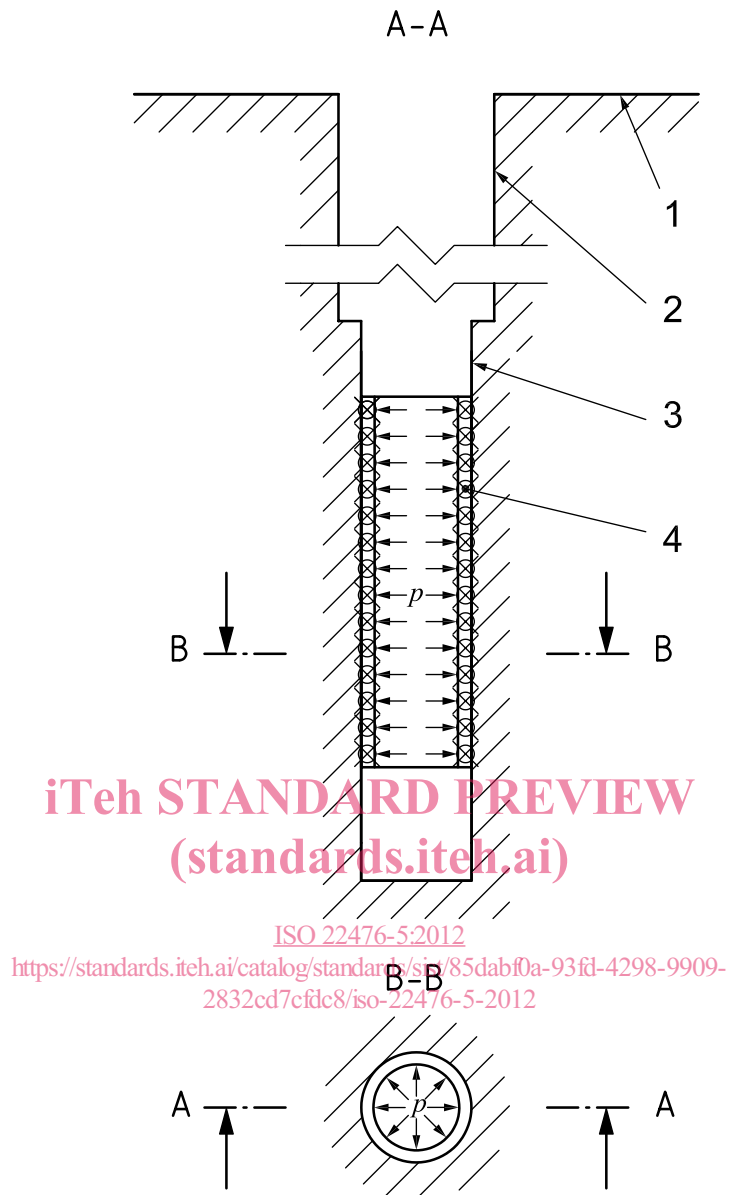
Tableau 1 (suite)

$L_d$	Longueur du segment de mesure du dilatomètre	mm
$p$	Pression appliquée après correction	MPa
$p_{1.1}$	Pression au déchargement total constant pour les cycles dans le mode opératoire A	MPa
$p_1$	Pression au début du déchargement après le premier cycle	MPa
$p_2$	Pression au début du déchargement après le deuxième cycle	MPa
$p_3$	Pression au début du déchargement après le troisième cycle	MPa
$p_{max}$	Pression maximale appliquée au cours d'un essai	MPa
$p_m$	Résistance propre associée à la rigidité de la membrane	MPa
$p_{Li}$	Plage de pression appliquée dans la phase de chargement N° $i$	MPa
$p_{Ri}$	Plage de pression appliquée dans la phase de rechargement N° $i$	MPa
$p_{Ui}$	Plage de pression appliquée dans la phase de déchargement N° $i$	MPa
$p_r$	Pression affichée par le dispositif de mesure	MPa
$p_s$	Pression d'ajustement	MPa
$p_y$	Pression de déplacement lors de l'essai dilatométrique dans le mode opératoire C	MPa
$t$	Durée	min
$t_1$	Durée 1 d'un essai à pression constante	min
$t_2$	Durée 2 d'un essai à pression constante	min
$z$	Profondeur de l'essai	m
$\Delta d_r$	Augmentation du déplacement diamétral de la cavité	mm
$\Delta d$	Augmentation corrigée du déplacement diamétral de la cavité	mm
$\Delta p_r$	Pas de la pression appliquée affichée sur le contrôleur de pression	MPa
$\Delta p$	Pas corrigé de la pression appliquée	MPa
$\nu$	Coefficient de Poisson	—

## 4 Appareillage

### 4.1 Généralités

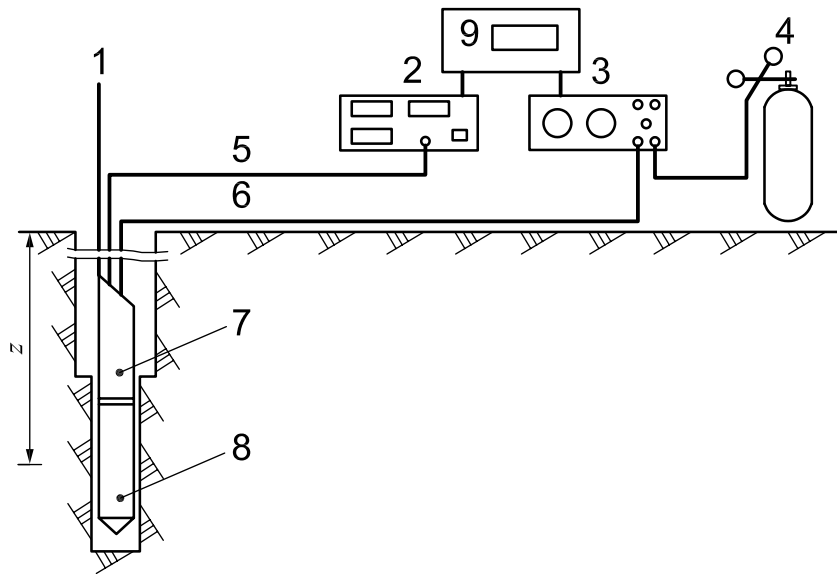
L'essai au dilatomètre flexible est réalisé par l'expansion de la membrane d'un dilatomètre flexible placée dans le terrain (Voir Figure 1). La pression appliquée à la sonde et la dilatation associée de cette dernière sont mesurées et enregistrées de manière à déterminer la relation contrainte-déplacement du terrain lors de l'essai.

**Légende**

- 1 surface du terrain
- 2 paroi du forage
- 3 cavité
- 4 sonde dilatométrique dilatable
- $p$  pression appliquée
- A-A coupe axiale
- B-B coupe transversale

**Figure 1 — Exemple d'essai au dilatomètre flexible**

L'appareillage permettant de réaliser des essais dilatométriques doit comprendre les éléments représentés à la Figure 2.



**Légende**

- 1 tiges de manœuvre (facultatives)
- 2 dispositif de mesure du déplacement (obligatoire)
- 3 contrôleur de pression (obligatoire)
- 4 source de pression (obligatoire)
- 5 câble transmettant le signal émis par les capteurs (obligatoire)
- 6 tube d'alimentation du fluide sous pression (obligatoire)
- 7 tube de collecte des sédiments (facultatif)
- 8 sonde dilatométrique (obligatoire)
- 9 enregistreur de données (facultatif)
- z profondeur de l'essai

ITH STANDARD PREVIEW  
 (standards.iteh.ai)  
 ISO 22476-5:2012  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/85dabf0a-93fd-4298-9909-2832cd7cfd8/iso-22476-5-2012>

NOTE Des tiges de manœuvre sont parfois nécessaires pour insérer la sonde dans une cavité étroite. Elles permettent également d'orienter l'instrument. Elles sont également nécessaires s'il devient difficile d'extraire la sonde à la fin de l'essai et qu'un battage est requis.

**Figure 2 — Schéma de l'appareillage constituant un dilatomètre flexible**

Il convient que le diamètre des trous de forage soit de 76 mm, 96 mm et 101 mm, conformément à l'ISO 22475-1.

Le diamètre extérieur,  $d_d$ , du dilatomètre flexible, une fois dégonflé, doit être d'environ 3 mm à 6 mm inférieur au diamètre nominal du trou de forage.

La pression appliquée à la membrane doit être mesurée par un ou plusieurs capteurs électriques placés dans le dilatomètre (voir Figure 3).

**4.2 Sonde dilatométrique**

L'expansion du trou de forage doit être suivie par au moins trois capteurs électriques.

Dans la variante A, le déplacement diamétral doit être mesuré au moyen de capteurs électriques, qui doivent traverser la membrane du dilatomètre flexible et être directement en contact avec la paroi du forage (Figure 3, gauche). Cette variante doit être principalement utilisée dans les roches (essai dilatométrique dans le rocher, RDT, voir l'EN 1997-2:2007, 4.5).

