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

Partie 12:

**Essai de pénétration statique au cône
à pointe mécanique**

iTeh STANDARD PREVIEW
Geotechnical investigation and testing — Field testing —
(standards.iteh.ai)
Part 12: Mechanical cone penetration test (CPTM)

ISO 22476-12:2009

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e3bba681-ae4e-405a-8ec0-c7374b224c55/iso-22476-12-2009>



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 22476-12:2009](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e3bba681-ae4e-405a-8ec0-c7374b224c55/iso-22476-12-2009)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e3bba681-ae4e-405a-8ec0-c7374b224c55/iso-22476-12-2009>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2009

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Version française parue en 2010

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes, définitions, symboles et termes abrégés	2
3.1 Termes et définitions	2
3.2 Symboles et termes abrégés	6
4 Matériel	6
4.1 Capteurs du pénétromètre à cône	6
4.2 Tolérances	6
4.3 Rugosité de surface	6
4.4 Pointe pénétrométrique	7
4.5 Cône	8
4.6 Manchon de frottement	9
4.7 Tiges de fonçage	11
4.8 Tiges internes	11
4.9 Système de mesure	11
4.10 Appareil de fonçage	12
5 Modes opératoires d'essai	12
5.1 Sélection du type d'essai au pénétromètre à cône	12
5.2 Sélection du matériel et des modes opératoires	12
5.3 Position et niveau de l'appareil de fonçage	14
5.4 Préparation	14
5.5 Fonçage du pénétromètre à cône	14
5.6 Utilisation d'un dispositif de réduction du frottement	14
5.7 Fréquence d'enregistrement des paramètres	14
5.8 Mesure de la résistance à la pénétration du cône dans un essai de pénétration statique discontinue	15
5.9 Mesure de la résistance à la pénétration du cône dans un essai de pénétration statique continue	15
5.10 Mesure du frottement sur le manchon dans un essai de pénétration statique discontinue avec des pénétromètres à cône M2	15
5.11 Mesure de la résistance totale à la pénétration dans un essai de pénétration statique discontinue	15
5.12 Mesure de la résistance totale à la pénétration dans un essai de pénétration statique continue (TM4)	15
5.13 Mesure de la longueur de pénétration	15
5.14 Fin de l'essai	16
5.15 Vérifications et étalonnages du matériel	16
6 Résultats d'essai	16
6.1 Paramètres mesurés	16
6.2 Paramètres dérivés	16
7 Procès-verbal d'essai	17
7.1 Général	17
7.2 Compte-rendu général des résultats d'essai	17
7.3 Présentation des résultats d'essai	19
Annexe A (normative) Maintenance, vérifications et étalonnage	20
Bibliographie	23

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 22476-12 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 182, *Géotechnique*, sous-comité SC 1, *Recherches et essais géotechniques*.

L'ISO 22476-12 a été élaborée par le comité technique CEN/TC 341 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 2: Essais de pénétration dynamique*
- *Partie 3: Essai de pénétration au carottier*
- *Partie 4: Essai pressiométrique Ménard*
- *Partie 5: Essai au dilatomètre flexible*
- *Partie 7: Essai au dilatomètre rigide diamétral*
- *Partie 10: Essai de sondage par poids*
- *Partie 11: Essai au dilatomètre plat*
- *Partie 12: Essai de pénétration statique au cône à pointe mécanique*

Les essais de pénétration statique au cône à pointe électrique et l'essai au piézocône, l'essai pressiométrique autoforé, l'essai au pressio-pénétromètre et l'essai au scissomètre de chantier feront l'objet des futures parties 1, 6, 8 et 9.

Introduction

L'essai de pénétration statique au cône à pointe mécanique (CPTM, *mechanical cone penetration test*) consiste à enfoncer dans le sol un pénétromètre à cône à l'aide d'un train de tiges de fonçage, à une vitesse de pénétration constante. Pendant la pénétration, des mesures de la résistance à la pénétration du cône, de la résistance totale à la pénétration et/ou du frottement sur le manchon peuvent être enregistrées. Les résultats d'essai peuvent être utilisés pour l'interprétation de la stratification, la classification du type de sol et l'évaluation des paramètres géotechniques du sol.

La *résistance de pointe* est le terme utilisé en pratique, la *résistance à la pénétration du cône* est une description plus correcte du processus et est le terme utilisé dans la présente partie de l'ISO 22476.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 22476-12:2009](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e3bba681-ae4e-405a-8ec0-c7374b224c55/iso-22476-12-2009)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e3bba681-ae4e-405a-8ec0-c7374b224c55/iso-22476-12-2009>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 22476-12:2009

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e3bba681-ae4e-405a-8ec0-c7374b224c55/iso-22476-12-2009>

Reconnaissance et essais géotechniques — Essais en place —

Partie 12:

Essai de pénétration statique au cône à pointe mécanique

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 22476 spécifie un essai de pénétration statique au cône à pointe mécanique (CPTM), y compris les exigences relatives au matériel, l'exécution et le procès-verbal. Les résultats de cet essai géotechnique sont particulièrement adaptés à la détermination qualitative et/ou quantitative d'un profil de sol — associés à des reconnaissances directes — ou pour être comparés à d'autres essais réalisés in situ.

Les résultats d'un essai de pénétration statique au cône peuvent, en principe, être utilisés pour évaluer la stratification, le type de sol et les paramètres géotechniques, tels que la densité du sol, les paramètres de résistance au cisaillement et les caractéristiques de déformation et de tassement.

La présente partie de l'ISO 22476 spécifie les caractéristiques suivantes:

- le type d'essai de pénétration statique au cône (voir Tableau 1);
- la classe d'application (voir Tableau 2);
- la longueur ou profondeur de pénétration;
- l'altitude de la surface du sol ou de la surface du sol sous-marin, par rapport à un système de référence, à l'endroit où est réalisé l'essai de pénétration statique au cône;
- la position du lieu d'essai de pénétration statique au cône par rapport à un point de référence fixe reproductible.

NOTE La planification et l'évaluation d'un programme de reconnaissance géotechnique et l'application de ses résultats à la conception sont couvertes par l'EN 1997-1 et l'EN 1997-2.

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 8503 (toutes les parties), *Préparation des subjectiles d'acier avant application de peintures et de produits assimilés — Caractéristiques de rugosité des subjectiles d'acier décapés*

ISO 10012:2003, *Systèmes de management de la mesure — Exigences pour les processus et les équipements de mesure*

3 Termes, définitions, symboles et termes abrégés

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

3.1 Termes et définitions

3.1.1 rugosité moyenne de surface

R_a
écart moyen entre la surface réelle de la sonde et un plan de référence moyen placé le long de la surface de la sonde

3.1.2 cône

partie inférieure de forme conique du pénétromètre à cône

NOTE Lorsque le pénétromètre est enfoncé dans le sol, la résistance à la pénétration du cône est transmise à l'appareil de mesure en surface par des tiges intérieures.

3.1.3 essai de pénétration statique au cône CPT

enfoncement dans le sol d'un pénétromètre à cône placé à l'extrémité d'un train de tiges de fonçage cylindriques, à une vitesse de pénétration constante

NOTE Le terme abrégé CPT est dérivé de l'anglais *cone penetration test*.

3.1.3.1 CPT électrique CPTU

essai de pénétration statique au cône dans lequel les efforts sont mesurés électriquement dans le pénétromètre à cône

NOTE Les essais CPT électrique et au piézocône (CPTU) feront l'objet de la future partie 1 de l'ISO 22476.

3.1.3.2 CPT mécanique CPTM

essai de pénétration statique au cône dans lequel les efforts sont mesurés mécaniquement ou électriquement au niveau du sol

3.1.4 pointe pénétrométrique pénétromètre à cône

ensemble comprenant le cône, éventuellement le manchon de frottement, la liaison au train de tiges de fonçage et les appareils de mesure permettant de déterminer la résistance à la pénétration du cône et, le cas échéant, la résistance totale et/ou le frottement latéral local

3.1.5 résistance à la pénétration du cône

effort s'exerçant sur le cône

3.1.6 essais de pénétration continue

méthode d'essai dans laquelle la résistance à la pénétration du cône est mesurée alors que le cône et les tiges de fonçage se déplacent continuellement, jusqu'à l'arrêt nécessaire pour ajouter une tige de fonçage

3.1.7**essais de pénétration discontinue**

méthode d'essai dans laquelle la résistance à la pénétration du cône et, éventuellement, le frottement sur le manchon sont mesurés pendant un arrêt de l'enfoncement des tiges de fonçage

3.1.8**effort s'exerçant sur le manchon de frottement** F_s

effort obtenu en soustrayant l'effort mesuré sur le cône, de l'effort s'exerçant sur le cône et le manchon de frottement

3.1.9**rapport de frottement** R_f

rapport, exprimé en pourcentage, du frottement sur le manchon à la résistance à la pénétration du cône, mesurés à la même profondeur

$$R_f = \frac{f_s}{q_c} \times 100 \%$$

NOTE Dans certains cas, l'inverse du rapport de frottement, appelé *indice de frottement*, est utilisé.

3.1.10**dispositif de réduction du frottement**

élargissement local et symétrique du diamètre d'une tige de fonçage permettant de réduire le frottement le long des tiges de fonçage

3.1.11**manchon de frottement**

section du pénétromètre à cône dans laquelle est mesuré le frottement sur le manchon

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e3bba681-ae4e-405a-8ec0-c7374b224c55/iso-22476-12-2009>

3.1.12**tiges internes**

tiges pleines couissant à l'intérieur des tiges de fonçage et transférant les efforts transmis par le cône, et éventuellement le manchon de frottement, au système de mesure

3.1.13**résistance mesurée à la pénétration du cône** q_c

rapport de l'effort mesuré s'exerçant sur le cône, Q_c , par l'aire de la section, A_c :

$$q_c = \frac{Q_c}{A_c}$$

NOTE La résistance mesurée à la pénétration du cône obtenue par un essai de pénétration au cône à pointe mécanique peut être différente des résistances à la pénétration du cône mesurées avec un pénétromètre à cône à pointe électrique.

3.1.14**frottement mesuré sur le manchon** f_s

rapport de l'effort mesuré s'exerçant sur le manchon de frottement, F_s , par l'aire de la section du manchon, A_s :

$$f_s = \frac{F_s}{A_s}$$

NOTE Le frottement mesuré sur le manchon obtenu par un essai de pénétration au cône à pointe mécanique peut être différent des résistances à la pénétration du cône mesurées avec un pénétromètre à cône à pointe électrique.

3.1.15

résistance totale mesurée à la pénétration

Q_t

force nécessaire pour enfoncer le cône et les tiges de fonçage dans le sol

3.1.16

système de mesure

ensemble des capteurs et accessoires utilisés pour transférer et/ou mesurer les efforts générés pendant l'essai de pénétration au cône

NOTE L'effort s'exerçant sur le cône et, le cas échéant, la résistance totale à la pénétration et/ou le frottement sur le manchon sont mesurés à l'aide de manomètres ou de capteurs de charge électriques.

3.1.17

profondeur de pénétration

z

profondeur atteinte par la base du cône, par rapport à un plan horizontal fixe

Voir Figure 1.

NOTE 1 Elle est exprimée en mètres.

NOTE 2 Dans le cas d'un essai de pénétration au cône à pointe mécanique, la profondeur de pénétration ne peut pas être déterminée, du fait de l'absence de mesure par un inclinomètre permettant de corriger la profondeur.

3.1.18

longueur de pénétration

l

somme de la longueur des tiges de fonçage et du pénétromètre à cône, diminuée de la hauteur de la partie conique, par rapport à un plan horizontal fixe

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 22476-12:2009

Voir Figure 1.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e3bba681-ae4e-405a-8ec0-c7374b224c55/iso-22476-12-2009>

NOTE 1 Elle est exprimé en mètres.

NOTE 2 Le plan horizontal fixe correspond généralement à un plan horizontal passant par la surface du sol sur le site de l'essai.

3.1.19

tige de fonçage

partie d'un train de tiges employé pour transférer l'effort à la pointe pénétrométrique

3.1.20

appareil de fonçage

appareil qui permet d'enfoncer la pointe pénétrométrique et les tiges dans le sol à une vitesse de pénétration constante

NOTE La réaction requise pour l'appareil de fonçage peut être fournie par des lests et/ou des ancrages au sol.

3.1.21

résistance totale au frottement latéral

Q_{st}

force requise pour surmonter le frottement latéral sur les tiges de fonçage lorsqu'elles sont enfoncées dans le sol

NOTE La résistance totale au frottement latéral est obtenue en soustrayant l'effort s'exerçant sur le cône, Q_c , de la résistance totale à la pénétration, Q_t :

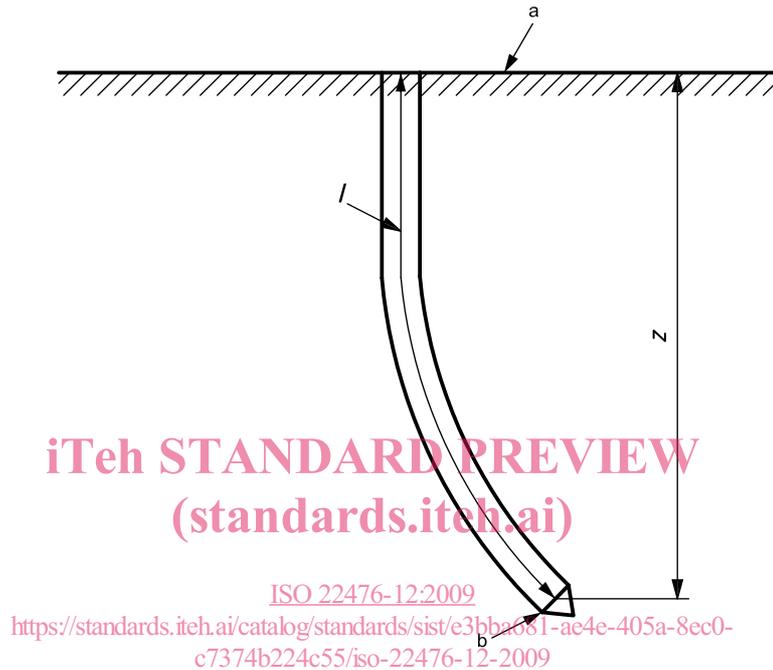
$$Q_{st} = Q_t - Q_c$$

3.1.22**dérive du zéro**

différence absolue des indications zéro d'un système de mesure entre le début et la fin de l'essai de pénétration statique au cône

3.1.23**zéro**

sortie stable d'un système de mesure en l'absence de charge sur le capteur, c'est-à-dire lorsque le paramètre mesuré a une valeur de zéro, alors que toute alimentation auxiliaire requise pour faire fonctionner le système de mesure est branchée

**Légende**

- z profondeur de pénétration, m
- l longueur de pénétration, m
- a Plan horizontal fixe.
- b Base de la partie conique du cône.

Figure 1 — Longueur et profondeur de pénétration

3.2 Symboles et termes abrégés

A_c	aire de la section projetée du cône	mm ²
A_s	aire de la section du manchon de frottement	mm ²
d_c	diamètre de la partie cylindrique supérieure du cône	mm
d_2	diamètre du manchon de frottement	mm
F_s	effort s'exerçant sur le manchon de frottement	kN
f_s	frottement mesuré sur le manchon	MPa
h_c	hauteur de la section conique du cône	mm
h_e	longueur du prolongement cylindrique du cône	mm
l	longueur de pénétration	m
l_s	longueur du manchon de frottement	mm
M1, M2, M4	type de pointe pénétrométrique	—
Q_c	effort mesuré sur le cône	kN
Q_{st}	résistance totale au frottement latéral	kN
Q_t	résistance totale mesurée à la pénétration	kN
q_c	résistance mesurée à la pénétration du cône	MPa
R_a	rugosité moyenne de surface	µm
R_f	rapport de frottement	%
TM1, ... TM4	méthode d'essai (<i>test method</i>) 1 à 4	—
t	temps	s
z	profondeur de pénétration	m

4 Matériel

4.1 Capteurs du pénétromètre à cône

Le pénétromètre à cône ne comporte pas de capteurs de charge internes, car les mesurages sont effectués au niveau du sol. Les axes de tous les éléments du pénétromètre à cône doivent coïncider.

4.2 Tolérances

Les tolérances dimensionnelles mentionnées dans cet article sont des tolérances de fonctionnement. Il convient que les tolérances de fabrication soient plus strictes.

La tolérance sur la rugosité de surface est une tolérance de fabrication.

4.3 Rugosité de surface

La rugosité de surface se rapporte à la rugosité moyenne, R_a , déterminée par un comparateur de profil de surface conformément à l'ISO 8503 et/ou norme équivalente. L'exigence relative à la rugosité de surface a pour objectif d'éviter l'utilisation d'un manchon de frottement «anormalement lisse» ou «anormalement rugueux». L'acier, y compris l'acier trempé, est soumis à usure dans le sol (en particulier dans les sables) et le manchon de frottement développe sa propre rugosité à l'usage. Il est donc important que la rugosité obtenue au moment de la fabrication se rapproche de la rugosité acquise à l'usage. On estime que l'exigence relative