

NORME INTERNATIONALE **ISO 22477-10**

Première édition
2016-09-15

Reconnaissance et essais géotechniques — Essais de structures géotechniques —

Partie 10: Essai des pieux: essai de charge rapide

iTeh STANDARD PREVIEW
*Geotechnical investigation and testing — Testing of geotechnical structures —
(standards.iteh.ai) Part 10: Testing of piles: rapid load testing*

ISO 22477-10:2016

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/523eaf5d-0195-4c3e-9ed8-5947483ffcca/iso-22477-10-2016>



Numéro de référence
ISO 22477-10:2016(F)

© ISO 2016

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 22477-10:2016

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/523eaf5d-0195-4c3e-9ed8-5947483ffcca/iso-22477-10-2016>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2016

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
Fax: +41 22 749 09 47
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes, définitions et symboles	2
3.1 Termes et définitions	2
3.2 Symboles	3
4 Équipement d'essai	4
4.1 Généralités	4
4.2 Chargement	4
4.3 Mesures	5
5 Procédure d'essai	8
5.1 Préparation d'un essai	8
5.2 Exigences de sécurité et d'intégrité	8
5.2.1 Personnes et équipement dans la zone environnante	8
5.2.2 Pieu d'essai	9
5.3 Préparation du pieu	9
5.4 Préparations générales de l'essai	10
5.5 Intégrité du pieu de l'ouvrage après essai	10
6 Résultats des essais	10
7 Rapports d'essais	11
Annexe A (informative) Analyse des résultats d'essai de charge rapide	13
Bibliographie	25

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 procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/CEI, Partie 1. Il convient en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction définies dans les Directives ISO/CEI, Partie 2 www.iso.org/directives).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/patents).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: www.iso.org/iso/foreword.html.

L'ISO 22477-10 a été élaborée par le Comité européen de normalisation (CEN), en collaboration avec le comité technique de l'ISO TC 182, *Géotechnique*, conformément à l'accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (accord de Vienne).

Une liste de toutes les parties de la série ISO 22477, publiée sous le titre général *Reconnaissance et essais géotechniques — Essai de structures géotechniques*, peut être trouvée sur le site Internet de l'ISO.

Introduction

La présente partie de l'ISO 22477 précise la manière dont est défini un essai de pieu sous charge rapide et spécifie l'équipement et les procédures d'essai exigés. Des consignes informatives, non prescriptrices, sont incluses. Elles portent sur l'analyse des résultats des essais des pieux sous charge rapide exigés pour déterminer la résistance à la compression mobilisée ou ultime d'un pieu.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 22477-10:2016](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/523eaf5d-0195-4c3e-9ed8-5947483ffcca/iso-22477-10-2016)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/523eaf5d-0195-4c3e-9ed8-5947483ffcca/iso-22477-10-2016>

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 22477-10:2016

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/523eaf5d-0195-4c3e-9ed8-5947483ffcca/iso-22477-10-2016>

Reconnaissance et essais géotechniques — Essais de structures géotechniques —

Partie 10: Essai des pieux: essai de charge rapide

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 22477 établit les spécifications pour l'exécution d'essais des pieux sous charge rapide, où un pieu unique est soumis à une charge axiale en compression afin de mesurer son comportement de déplacement en charge lors d'un chargement rapide et d'évaluer sa résistance à la compression mesurée ($R_{c,m}$) ainsi que son comportement de déplacement en charge correspondant.

Cette partie de l'ISO 22477 s'applique aux pieux sous chargement axial en compression.

Tous les types de pieux mentionnés dans les normes EN 1536, EN 12699 et EN 14199 sont couverts par cette partie de l'ISO 22477.

Les essais mentionnés dans cette partie de l'ISO 22477 sont limités aux essais de pieux sous charge rapide uniquement.

NOTE 1 Cette partie de l'ISO 22477 peut être utilisée conjointement à l'EN 1997-1. Les valeurs numériques des facteurs partiels des états limites, obtenues à partir des essais de charge des pieux et devant être prises en compte dans la conception, sont données dans l'EN 1997-1. Dans le cas d'une conception selon l'EN 1997-1, les résultats des essais des pieux sous charge rapide seront considérés comme équivalents à la résistance à la compression mesurée, $R_{c,m}$, après l'analyse appropriée.

NOTE 2 L'Annexe A fournit des indications sur l'analyse des résultats des essais des pieux sous charge rapide réalisés en vue de déterminer la résistance à la compression mesurée et le comportement de déplacement en charge correspondant.

Cette partie de l'ISO 22477 présente des spécifications pour les éléments suivants:

- a) essais préalables, au cours desquels un pieu d'essai sacrificiel est chargé jusqu'à l'état limite ultime;
- b) essais de contrôle, au cours desquels le pieu est chargé jusqu'à une charge spécifiée au-delà de l'état limite de service.

NOTE 3 En général, un essai préalable se focalise sur la connaissance générale d'un type de pieu; un essai de contrôle se focalise sur une application particulière d'un pieu.

2 Références normatives

Les documents suivants sont mentionnés dans le texte d'une manière telle que tout ou partie de leur contenu constitue les exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

Aucune référence normative n'est associée à ce document.

3 Termes, définitions et symboles

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'EN 1997-1 ainsi que les suivants, s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

3.1.1

pieu d'étude

pieu installé avant le début des travaux de fonçage principaux ou d'une partie donnée des travaux, dans le but d'étudier l'adéquation du type de pieu choisi et d'en confirmer la conception, les dimensions et la résistance au portage

Note 1 à l'article: le pieu d'étude peut être sacrifié pour atteindre l'état limite ultime.

3.1.2

pieu de l'ouvrage

pieu qui sera intégré à la fondation de la structure

3.1.3

pieu d'essai

pieu auquel des charges sont appliquées pour déterminer les caractéristiques de résistance à la déformation du pieu et du sol environnant

Note 1 à l'article: Un pieu d'essai peut être un **pieu d'étude** (3.1.1), ou un **pieu de l'ouvrage** (3.1.2).

3.1.4

charge du pieu

charge (ou force) de compression axiale exercée sur la tête du pieu pendant l'essai

3.1.5

charge rapide

force appliquée à un pieu, en augmentant et en diminuant continuellement, et d'une durée adéquate (généralement moins d'1 s) par rapport à la période naturelle du pieu, causant une compression du pieu sur toute sa longueur et une translation considérée approximativement comme une unité durant l'intégralité de la période de chargement

3.1.6

charge de compression maximale

charge (ou force) de compression axiale maximale exercée sur le pieu pendant l'essai; généralement définie avant l'essai

3.1.7

essai de charge rapide

essai de chargement au cours duquel un pieu est soumis à une *charge axiale rapide* (3.1.5) choisie, exercée sur la tête du pieu dans le but d'en analyser la capacité

3.1.8**résistance ultime à la compression mesurée d'un pieu**

état correspondant dans lequel la fondation du pieu se déplace de manière significative avec une augmentation négligeable de la résistance

Note 1 à l'article: lorsqu'il est difficile de définir un état limite ultime à partir d'un tracé de tassement sous charge faisant apparaître une augmentation légère et continue, il est recommandé d'utiliser un tassement du sommet du pieu égal à 10 % du diamètre de la base du pieu comme critère de « défaillance ».

Note 2 à l'article: la résistance maximale à la compression mesurée lors d'un *essai de charge rapide* (3.1.7) n'est pas nécessairement égale à la résistance ultime à la compression mesurée d'un pieu. Avant de pouvoir être considérée comme équivalente à la résistance ultime à la compression mesurée comme indiqué à l'Annexe A, la résistance mesurée lors d'un essai de charge rapide doit être analysée afin d'éliminer les effets d'inertie et du comportement du sol.

3.1.9**résistance statique à la compression calculée d'un pieu**

résistance statique à la compression ultime d'un pieu, déterminée avant l'essai de charge, afin de définir une spécification des cycles d'ampleur appropriée pour l'essai sous charge rapide (3.1.7)

3.1.10**diamètre équivalent**

diamètre d'un cercle équivalent dont l'aire est égale à la section correspondante du pieu

Note 1 à l'article: le diamètre équivalent d'un pieu circulaire est son diamètre externe. Pour un pieu de section carrée il s'agit du diamètre du cercle dont l'aire est égale à celle de la section du pieu carré (tant que le côté le plus long mesure moins de 1,5 fois la longueur du côté le plus court).

3.1.11**distance de séparation minimale de référence**

distance séparant un point de référence fixe d'un point qui sera déplacé de manière significative par la méthode d'essai

Note 1 à l'article: Seuls les points fixes peuvent servir de référence pour les dispositifs de mesure de *déplacement* (3.1.12). Les systèmes de mesure du déplacement peuvent être placés sur le sol au-delà de la distance de référence, sans élément d'isolement (compensation du déplacement).

3.1.12**déplacement**

déplacement axial de la tête du pieu mesurée pendant l'essai

3.2 Symboles

a	accélération du pieu
c_p	vitesse de l'onde de contrainte dans le pieu d'essai
c_s	vitesse de l'onde de cisaillement dans le sol
D	diamètre ou diamètre équivalent du pieu d'essai
F_c	charge du pieu en compression
$F_{c,max}$	charge de compression maximale
g	accélération de la pesanteur
L	longueur totale du pieu d'essai
$R_{c,m}$	résistance ultime mesurée du sol lors de l'essai, ou résistance géotechnique mesurée du pieu

r_{ref}	distance de séparation minimale de référence
t	temps
t_f	durée d'application de la charge rapide
t_g	durée de la chute de la masse d'un équipement à masse tombante
w	déplacement du pieu

4 Équipement d'essai

4.1 Généralités

Il convient que l'équipement soit en mesure de générer une charge rapide au niveau de la tête du pieu, la durée de la charge devant remplir les conditions de la [Formule \(1\)](#):

$$10 < \frac{(t_f \times c_p)}{L} \leq 1\,000 \quad (1)$$

Si l'essai vise notamment à obtenir des informations relatives à la résistance ultime à la compression du pieu, l'équipement doit posséder une capacité suffisante pour atteindre la résistance ultime à la compression en chargement rapide.

La force appliquée sur la tête du pieu pendant un essai de charge rapide en vue de mesurer la résistance ultime à la compression peut dépasser la résistance statique à la compression calculée d'un pieu d'un facteur de deux ou trois en raison des effets de taux caractéristiques de certains sols. La nécessité d'appliquer des charges aussi élevées doit être prise en compte lors de la spécification de l'équipement et des matériaux du pieu. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/523eaf5d-0195-4c3e-9ed8-5947483ffcca/iso-22477-10-2016>

Si, pour un essai de charge rapide, une ou plusieurs des exigences mentionnées dans la présente partie de l'ISO 22477 ne sont pas respectées, avant de pouvoir interpréter les résultats comme ceux d'un essai de charge rapide, il convient de prouver que ce défaut est sans effet sur l'atteinte des objectifs de l'essai.

Pour les pieux longs, lorsque les critères de la [Formule \(1\)](#) sont dépassés ou lorsque les trous d'ancrage au roc entraînent des déformations non uniformes dans le pieu, une instrumentation intégrée au pieu et une analyse spécialisée seront nécessaires. Il convient que toute instrumentation supplémentaire soit conforme aux dispositions du paragraphe [4.3](#).

Les systèmes d'essai de charge rapide utilisent une masse permettant d'exercer une charge sur le pieu. Il s'agit soit d'une masse lancée vers le haut, auquel cas on parle de système à masse lancée, soit d'une masse que l'on fait chuter, on parle alors de système à masse tombante. Dans les deux cas, le mouvement montant ou descendant de la masse est contrôlé pour produire la durée de charge requise au paragraphe [4.1](#). Pour éviter tout chargement excentrique des pieux et pour respecter les aspects supplémentaires liés à la sécurité, il convient que le mouvement de la masse soit guidé lors de l'essai à masse lancée et lors de l'essai à masse tombante.

4.2 Chargement

Le choix de l'équipement de chargement doit prendre en compte les éléments suivants:

- l'objectif de l'essai;
- les conditions du sol;
- la charge maximale du pieu ($F_{c,\text{max}}$);
- la solidité du pieu (matériau);

- l'exécution de l'essai;
- les aspects liés à la sécurité.

L'équipement de chargement doit produire une force conforme aux exigences énoncées en 4.1 et produit la force de compression maximale requise pour mobiliser une résistance à la compression spécifique ou la résistance ultime à la compression du pieu.

Si un pieu d'essai est soumis à plusieurs cycles, en commençant par le cycle de force de faible ampleur, il convient que la force maximale de chaque cycle soit supérieure à la force maximale du cycle précédent. Lorsque des cycles de chargement sont appliqués, il convient qu'ils soient réalisés de sorte à exclure tout risque de rechargement incontrôlé du pieu. Pour ce faire, le dispositif devra être doté d'un mécanisme de saisie de la masse.

L'équipement doit charger le pieu avec précision le long de la direction axiale du pieu. L'excentricité de la charge doit être inférieure à 10 % du diamètre équivalent. L'écart ou l'excentricité d'alignement entre la force exercée et l'axe du pieu doit être inférieure à 20 mm/m. Le chargement excentrique du pieu est autorisé si la conception du pieu le permet et s'il a été vérifié qu'un tel chargement ne produirait aucun effet indu sur les performances de l'équipement d'essai.

La contrainte dans le pieu sous la charge maximale appliquée ne doit pas excéder la contrainte autorisée pour le matériau du pieu.

4.3 Mesures

Avant un essai de charge rapide, deux variables doivent être mesurées directement lorsque la masse de réaction entre en contact avec la tête du pieu (tous les types d'équipements ne l'exigeant pas nécessairement):

- la force appliquée à la tête du pieu;
- le déplacement de la tête du pieu;

Lors d'un essai de charge rapide, au minimum trois variables doivent être mesurées directement par rapport au temps (t):

- la force appliquée à la tête du pieu (F_c);
- le déplacement de la tête du pieu (w);
- l'accélération de la tête du pieu (a).

Les transducteurs et le traitement du signal doivent satisfaire aux exigences du [Tableau 1](#), [Tableau 2](#), [Tableau 3](#) et [Tableau 4](#). L'échantillonnage doit débuter au minimum 50 ms avant le début du chargement et se poursuivre pendant une durée minimale de 500 ms. Lorsque la durée de l'événement de chargement implique que la durée d'échantillonnage soit supérieure à 500 ms, la durée d'échantillonnage doit être augmentée pour capturer l'ensemble de l'événement et permettre l'échantillonnage nécessaire après l'événement. Tous les échantillonnages par transducteur doivent être synchronisés. Les transducteurs doivent avoir une plage de mesure suffisante pour qu'il ne soit pas nécessaire de procéder à un réajustement en cours d'essai. Toute l'instrumentation doit pouvoir résister aux procédures d'installation et d'essai des pieux.

Tableau 1 — Essai de charge rapide: exigences générales relatives au transducteur et au traitement du signal

Paramètre	Exigence
Taux d'échantillonnage	≥ 4 000 échantillons par seconde
Durée de l'échantillonnage avant l'événement	≥ 50 ms
Durée de l'échantillonnage après l'événement	≥ 300 ms
Filtre passe-bas de la fréquence de coupure	≥ 1 kHz

Tableau 2 — Essai de charge rapide: exigences de charge relatives au transducteur et au traitement du signal

Paramètre	Exigence
Charge maximale	> charge d'essai maximale
Linéarité	< 2 % de la valeur maximale atteinte
Hystérésis	< 2 % de la valeur maximale atteinte
Temps de réponse	< 0,1 ms

Tableau 3 — Essai de charge rapide: exigences d'accélération relatives au transducteur et au traitement du signal

Paramètre	Exigence
nombre de transducteurs	≥ 1
Fréquence de résonance	> 5 kHz
Linéarité	jusqu'à 50 g

Tableau 4 — Essai de charge rapide: exigences de déplacement relatives au transducteur et au traitement du signal

Paramètre	Exigence
Plage	> 50 mm ou $D/10$, la valeur la plus élevée étant retenue
Exactitude	±0,25 mm
Temps de réponse	< 0,1 ms

Avant et après chaque cycle de charge, le niveau de la tête du pieu doit être déterminé par rapport à un point situé à l'extérieur de la distance de séparation minimale de référence par mesure optique de niveau. Les mesures de détermination du niveau à l'aide d'un dispositif optique doivent être contrôlées en se référant à un ou plusieurs points de référence fixes et il convient qu'elles soient conduites avec une exactitude de ± 1 mm.

Il convient de ne pas placer la base d'un système de mesure du déplacement utilisé pour l'essai (lorsque cette base est posée sur le sol) à l'intérieur de la distance de séparation minimale de référence par rapport au pieu. Cela doit être vérifié sur le site d'essai. S'il n'est pas possible d'atteindre la distance de séparation minimale de référence d'un système de mesure du déplacement utilisé pour l'essai, ou si une mesure exempte de vibration ne peut être réalisée, il convient que le système de mesure du déplacement utilisé pour l'essai soit placé ou fixé sur un support protégé contre les vibrations, tel qu'un pieu adjacent.

La distance de séparation minimale de référence doit être mesurée à partir:

- du pieu lorsque l'essai est effectué avec une masse lancée, ou
- du support de l'équipement le plus proche du pieu, lorsque l'essai est effectué avec une masse tombante.