

# PROJET DE NORME INTERNATIONALE

## ISO/DIS 22477-2

ISO/TC 182

Secrétariat: BSI

Début de vote:  
2022-04-12

Vote clos le:  
2022-07-05

---

---

## Reconnaissance et essais géotechniques — Essais des structures géotechniques —

Partie 2:

### Essai de pieux: essais de chargement statique en traction

*Geotechnical investigation and testing — Testing of geotechnical structures —*

*Part 2: Testing of piles: Static tension load testing*

ICS: 93.020

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

[ISO/FDIS 22477-2](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/eb226590-0982-40c8-8de5-2a308d8816c0/iso-fdis-22477-2)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/eb226590-0982-40c8-8de5-2a308d8816c0/iso-fdis-22477-2>

Le présent document est distribué tel qu'il est parvenu du secrétariat du comité.

CE DOCUMENT EST UN PROJET DIFFUSÉ POUR OBSERVATIONS ET APPROBATION. IL EST DONC SUSCEPTIBLE DE MODIFICATION ET NE PEUT ÊTRE CITÉ COMME NORME INTERNATIONALE AVANT SA PUBLICATION EN TANT QUE TELLE.

OUTRE LE FAIT D'ÊTRE EXAMINÉS POUR ÉTABLIR S'ILS SONT ACCEPTABLES À DES FINS INDUSTRIELLES, TECHNOLOGIQUES ET COMMERCIALES, AINSI QUE DU POINT DE VUE DES UTILISATEURS, LES PROJETS DE NORMES INTERNATIONALES DOIVENT PARFOIS ÊTRE CONSIDÉRÉS DU POINT DE VUE DE LEUR POSSIBILITÉ DE DEVENIR DES NORMES POUVANT SERVIR DE RÉFÉRENCE DANS LA RÉGLEMENTATION NATIONALE.

LES DESTINATAIRES DU PRÉSENT PROJET SONT INVITÉS À PRÉSENTER, AVEC LEURS OBSERVATIONS, NOTIFICATION DES DROITS DE PROPRIÉTÉ DONT ILS AURAIENT ÉVENTUELLEMENT CONNAISSANCE ET À FOURNIR UNE DOCUMENTATION EXPLICATIVE.

**TRAITEMENT PARALLÈLE ISO/CEN**



Numéro de référence  
ISO/DIS 22477-2:2022(F)

© ISO 2022

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO/FDIS 22477-2

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/eb226590-0982-40c8-8de5-2a308d8816c0/iso-fdis-22477-2>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2022

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

Publié en Suisse

## 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 (IEC) 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/IEC, 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/IEC, Partie 2 (voir [www.iso.org/directives](http://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 reçus par l'ISO (voir [www.iso.org/patents](http://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 nature volontaire des normes, 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](http://www.iso.org/iso/foreword.html).

Le présent document a été élaboré de manière conjointe par le comité technique ISO/TC 182, *Géotechniques*, et par le Comité européen de normalisation (CEN) conformément à l'accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (accord de Vienne).

La liste de l'ensemble des parties de la série ISO 22477 se trouve sur le site web de l'ISO.

Tout retour ou question sur ce document doit être adressé à l'organisme national de normalisation de l'utilisateur. Une liste complète de ces organismes peut être trouvée à l'adresse [www.iso.org/members.html](http://www.iso.org/members.html).



# Reconnaissance et essais géotechniques — Essais des structures géotechniques — Partie 2 : Essai de pieux : essais de chargement statique en traction

## 1 Domaine d'application

La présente norme établit les spécifications relatives à l'exécution des essais de pieux sous charge statique, au cours desquels un pieu unique est soumis à un effort de traction axiale statique afin de définir son comportement charge-déplacement.

Ce document s'applique aussi bien aux pieux verticaux qu'aux pieux inclinés.

La présente norme couvre tous les types de pieux. Les essais envisagés dans cette norme sont limités aux essais de chargement par paliers. Le présent document ne traite pas des essais de charge cyclique des pieux.

NOTE L'ISO 22477-2 est destinée à être utilisée conjointement avec l'EN 1997-1. Les valeurs numériques des facteurs partiels des états limites et des facteurs de corrélation servant à obtenir les valeurs caractéristiques à partir d'essais de chargement statique et devant être prises en compte dans la conception sont fournies dans la norme EN 1997-1.

Le présent document fournit des spécifications pour l'exécution de l'essai de chargement axial statique de pieu pour :

- a) vérifier qu'un pieu se comporte comme prévu ;
- b) mesurer la résistance 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).

ISO 7500-1, *Matériaux métalliques — Étalonnage et vérification des machines pour essais statiques uniaxiaux — Partie 1 : machines d'essai de traction/compression — Étalonnage et vérification du système de mesure de force*

EN 1990, *Eurocode 0 : bases du calcul des structures*

EN 1997-1, *Eurocode 7 : calcul géotechnique — Partie 1 : règles générales*

EN 1997-2, *Eurocode 7 : calcul géotechnique — Partie 2 : reconnaissance des terrains et essais*

## 3 Termes, définitions et symboles

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'EN 1990, l'EN 1997-1, l'EN 1997-2 ainsi que les termes et définitions suivants s'appliquent.

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

- Plateforme de navigation en ligne de l'ISO : disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- Glossaire Electropedia de l'IEC : disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

### 3.1 Termes, définitions

#### 3.1.1

##### **charge du pieu**

$F_t$

charge de traction exercée sur la tête du pieu pendant l'essai

#### 3.1.2

##### **incrément de charge**

$\Delta F$

incrément de charge ajouté ou soustrait pendant l'essai

#### 3.1.3

##### **diamètre du pieu/diamètre équivalent du pieu**

$D$

diamètre du pieu testé

Note 1 à l'article : Pour un pieu non circulaire de section transversale  $A$ , le diamètre équivalent du pieu est égal à

$$\sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

#### 3.1.4

##### **pieu de l'ouvrage**

pieu utilisé dans les fondations d'une structure

#### 3.1.5

##### **pieu d'essai**

pieu soumis à des charges pour déterminer les caractéristiques effort/déplacement du pieu et du terrain environnant

#### 3.1.6

##### **résistance à la traction mesurée**

$R_{t,m}$

valeur mesurée de la résistance à la traction à l'état limite ultime, au cours d'un ou plusieurs essais de chargement de pieu

Note 1 à l'article : Le critère de rupture recommandé peut être défini dans l'EN 1997-1 ou dans son annexe nationale.

#### 3.1.7

##### **taux de fluage**

$\alpha$

rapport entre l'augmentation du déplacement de la tête du pieu et le logarithme décimal du temps pendant un intervalle de temps défini

### 3.2 Symboles

$A$  aire de la section transversale du pieu

$D$	diamètre du pieu/diamètre équivalent du pieu
$F_t$	charge exercée sur la tête du pieu pendant l'essai
$F_{t,cr}$	charge de fluage critique en traction
$F_{t,cr,m}$	valeur mesurée de $F_{t,cr}$ au cours d'un ou plusieurs essais de chargement de pieu
$F_{t,k}$	charge axiale caractéristique en traction
$F_p$	charge maximale prédéfinie appliquée pendant l'essai
$N$	effort axial
$q_s$	frottement latéral unitaire au niveau du fût
$q_{s,m}$	valeur mesurée de $q_s$
$q_{s,mob}$	frottement latéral mobilisé le long du fût
$R_t$	résistance à la traction du sol contre un pieu, à l'état limite ultime
$R_{t,m}$	valeur mesurée de $R_t$ au cours d'un ou plusieurs essais de chargement de pieu
$s$	déplacement axial du pieu à la profondeur $z$
$s_h$	déplacement axial de la tête de pieu
$t$	temps
$z$	profondeur
$\alpha$	taux de fluage

## 4 Équipement

### 4.1 Généralités

Le choix de l'équipement doit tenir compte de l'objectif de l'essai, des conditions de terrain, de l'exécution de l'essai et du déplacement attendu du pieu sous l'effet de la charge d'essai maximale.

### 4.2 Dispositif de réaction

Le dispositif de réaction pour un pieu faisant l'objet d'un essai en traction peut être :

- des fondations peu profondes ;
- des pieux de compression.

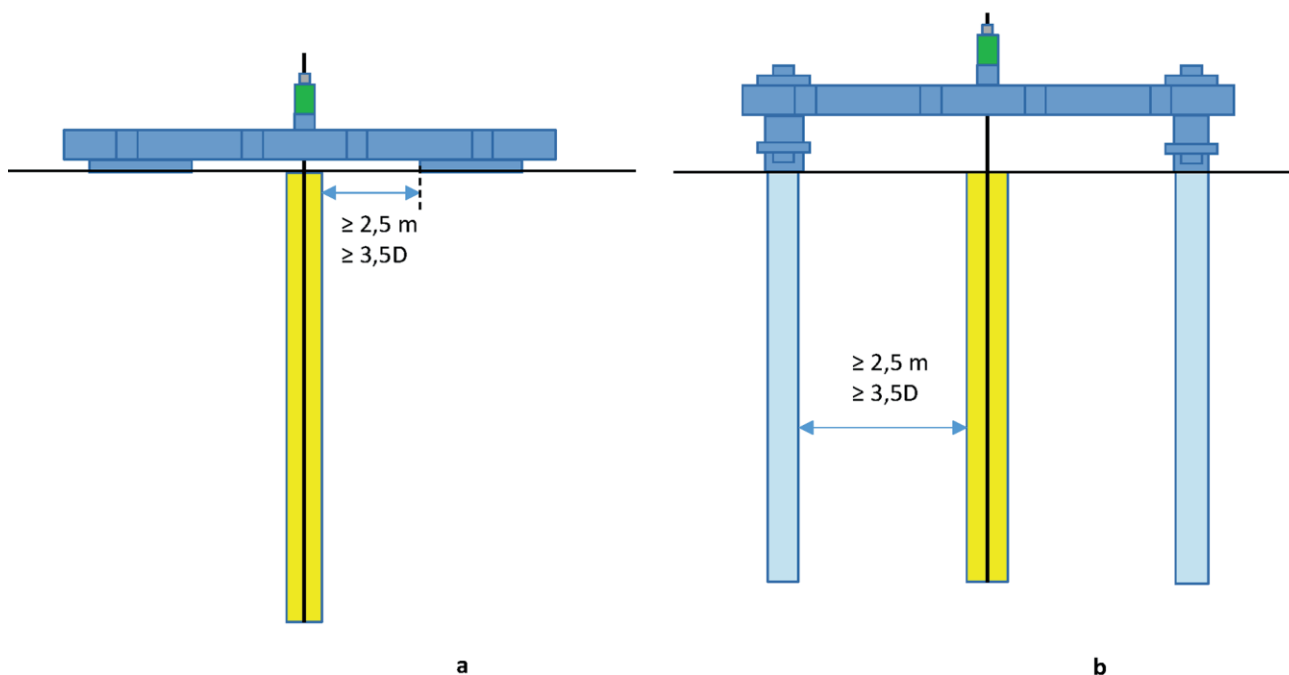
NOTE Le dispositif de réaction peut être le pieu d'essai lui-même, la charge étant appliquée en profondeur par un ou plusieurs vérins hydrauliques qui sont intégrés dans le pieu pour assurer un chargement bidirectionnel du pieu (voir l'ISO 22477-1).

L'influence du système de réaction sur le pieu d'essai doit être réduite au minimum.

Les distances de dégagement minimales entre le pieu d'essai et les éléments du système de réaction dépendent de l'objectif de l'essai (résistance en traction ou raideur).

Pour des essais visant à déterminer la résistance en traction, les distances minimales exigées sont représentées sur les Figures 1a et 1b. La valeur maximale doit être appliquée.

NOTE En raison de la présence du système de réaction, la résistance en traction peut être surestimée. Les distances minimales fournies limitent la surestimation à environ 5 %.



**Figure 1 — Distances de dégagement minimales entre le pieu d'essai et le système de réaction**

Pour l'évaluation de la raideur, l'influence du système de réaction est supérieure. Si la raideur doit être évaluée, il est recommandé d'appliquer une distance de dégagement minimale de  $10 D$ . Cette valeur de distance de dégagement peut être réduite si une évaluation dédiée est réalisée, en tenant compte des conditions du terrain. Dans tous les cas, la distance libre ne doit pas être inférieure aux valeurs données dans les Figures 1a et 1b.

NOTE Cette évaluation peut inclure une modification du système de réaction visant à en réduire l'influence sur le pieu d'essai. Par exemple, une réduction du frottement à la surface des pieux de réaction ou l'utilisation d'un ou plusieurs vérins intégrés peut être envisagée.

Pour les essais de chargement statique sur micropieux, cette distance peut être réduite. Une distance minimale de  $1,5 \text{ m}$  doit être toutefois respectée.

Le système de réaction doit être conçu de façon à résister à la charge d'essai maximale  $F_p$ , conformément aux normes européennes en vigueur. Les déplacements du système de réaction doivent être limités afin de s'assurer que la charge est appliquée axialement pendant la durée de l'essai.

Les pieux de l'ouvrage peuvent être utilisés comme pieux de réaction, à condition que leur résistance structurale soit suffisante et qu'il n'y ait aucun effet négatif sur leurs performances en tant qu'élément de la structure. Le déplacement des pieux de l'ouvrage doit être surveillé pendant l'essai.

Il est recommandé que les systèmes de réaction soient disposés de façon symétrique autour du pieu d'essai. Dans le cas de systèmes de réaction non symétriques, des mesures doivent être prises afin d'éviter toute rotation et/ou translation excessive du système de réaction.

### 4.3 Force appliquée

#### 4.3.1 Généralités

Un ou plusieurs vérins hydrauliques doivent être utilisés pour appliquer la charge sur le pieu d'essai.

Si plusieurs vérins hydrauliques sont utilisés pour appliquer la charge d'essai, ils doivent être disposés de façon symétrique, être de la même marque et du même modèle et être alimentés à partir d'une



alimentation commune assurée par un groupe hydraulique. Chaque vérin hydraulique doit être équipé d'une valve de fermeture et d'un manomètre supplémentaire.

#### 4.3.2 Spécifications de la force appliquée

Le ou les vérins doivent être en mesure d'exercer une force supérieure à  $F_p$ . La course du ou des vérins doit être supérieure aux déformations attendues (déplacement de la tête du pieu et déformations du système de réaction sous l'effet de la charge).

Il doit être possible de réduire ou d'augmenter la charge appliquée de façon continue, sans chocs ou vibrations, et de maintenir la charge à la valeur requise.

Afin de satisfaire aux exigences de précision, un système électrique ou hydraulique de commande/régulation automatique et continue de la force du vérin peut être utilisé. Une pompe à main assurant une mesure précise de la pression ou de la charge et une régulation permanente peut également être envisagée.

L'erreur du régulateur de la charge doit être inférieure à 0,5 % de  $F_p$  ou 10 kN, la valeur retenue étant la plus grande des deux.

#### 4.4 Mesure des déplacements de la tête du pieu

Les déplacements de la tête du pieu doivent être mesurés à l'aide de comparateurs à cadran ou de capteurs, supportés depuis des poutres de référence.

Les poutres de référence doivent être supportées indépendamment du pieu d'essai.

La distance libre entre les extrémités d'appui des poutres de référence et les pieux d'essai et de réaction ou le bord le plus proche des fondations peu profondes doit mesurer au minimum 2,5 m ou  $2,5D$ , la valeur retenue étant la plus grande des deux.

Une des extrémités de chaque poutre de référence doit pouvoir coulisser librement.

La position des poutres de référence doit être vérifiée par un système de mesure de contrôle secondaire (méthodes de détermination du niveau ou autres méthodes de mesure). La position de la tête du pieu doit également être vérifiée à l'aide de ce système de contrôle secondaire.

Au minimum, trois capteurs ou comparateurs à cadran doivent être utilisés pour mesurer le déplacement axial de la tête du pieu. Ils doivent être disposés de façon symétrique et parallèle à l'axe du pieu. Il convient de réduire au minimum le frottement entre la tête du pieu et les capteurs à l'aide de dispositifs appropriés, tels que des plaques de verre fixées sous les capteurs.

NOTE Dans le cas où le diamètre du pieu est trop petit, l'installation d'une plaque permettra la mise en œuvre de trois capteurs ou comparateurs.

Si la charge est appliquée à travers un unique vérin et une unique barre (ou un unique tube), le déplacement axial de la tête du pieu peut être mesuré à l'aide d'un capteur de déplacement ou d'un comparateur à cadran.

L'erreur globale de la mesure du déplacement de la tête du pieu doit être inférieure à 0,1 mm ou 0,2 % de la valeur mesurée, la valeur retenue étant la plus grande des deux. Par conséquent, les comparateurs à cadran ou les capteurs doivent permettre d'effectuer des mesures avec une résolution d'au moins 0,01 mm et un système optique quelconque de 0,1 mm.

Les comparateurs à cadran ou les capteurs doivent en outre offrir une plage de mesure suffisante pour qu'il ne soit pas nécessaire de procéder à un réajustement en cours d'essai.

Sauf s'il en a été convenu autrement, le système de mesure de contrôle secondaire doit permettre d'effectuer des mesures avec une erreur inférieure à 0,1 mm.

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.

Pour les pieux inclinés, il convient de mesurer soit le déplacement transversal de la tête du pieu, soit le déplacement global du système de réaction.

Il est recommandé d'inclure les points d'angle pertinents du système de réaction dans les contrôles de niveau.

#### 4.5 Mesure de la charge du pieu

La charge doit être mesurée en tête du pieu. La mesure de la charge appliquée doit être obtenue à partir d'un capteur de force (ou plusieurs capteurs de force), de la pression du vérin ou du système de vérinage, au moyen de manomètres adaptés et étalonnés.

NOTE L'avant-propos national fournit des conseils supplémentaires.

Les dispositifs de mesure de la charge appliquée doivent être étalonnés par rapport à un dispositif étalon maître approprié selon l' EN ISO 7500-1, garantissant une traçabilité complète aux étalons nationaux.

La précision de la mesure de la charge appliquée doit être égale ou inférieure à 1 % de  $F_t$ .

Lorsque la charge appliquée est mesurée en utilisant la pression du vérin, l'étalonnage doit être réalisé dans les 6 mois qui précèdent l'essai. Autrement, une période de 12 mois doit être retenue.

Dans certaines circonstances (par exemple en cas de choc, de chargement excentrique, de déviation des capteurs de force électroniques, de changement de composants ou de dommages présumés) un étalonnage supplémentaire est recommandé.

#### 4.6 Instrumentation du pieu

L'instrumentation du pieu dépend de l'objectif de l'essai de chargement statique :

- détermination de la résistance en traction globale ;
- détermination de la répartition du frottement latéral le long du pieu.

Pour déterminer uniquement la résistance en traction globale du pieu, une instrumentation du pieu n'est pas nécessaire.

La répartition de l'effort le long du fût du pieu peut être déterminée par une mesure de déformations au niveau de sections transversales du pieu à différentes profondeurs. Cela peut être obtenu par exemple à l'aide :

- d'extensomètres intégrés ou amovibles ;
- d'appareils de mesure de déformation (par exemple des jauges de déformation à corde vibrante, des capteurs à fibres optiques, etc.) fixés aux armatures ou incorporés dans le béton des pieux préfabriqués ou solidarités aux parois des pieux en acier.

La profondeur, le nombre de niveaux de mesure et le nombre d'appareils à chaque niveau doivent tenir compte des conditions de terrain, du type et de la taille du pieu d'essai et de l'objectif de l'essai.

Les extensomètres amovibles doivent être installés en paires diamétralement opposées pour les pieux de grand diamètre (diamètre de fût > 0,6 m), et ce pour chaque profondeur à mesurer. Pour les pieux de plus petit diamètre (diamètre de fût ≤ 0,6 m), un seul extensomètre peut être installé au centre du pieu si cela ne remet pas en cause les règles d'exécution.

Si l'instrumentation est installée avant l'exécution du pieu, comme c'est le cas pour les capteurs de déformation, il convient de mettre en place au moins quatre capteurs symétriquement disposés pour chaque profondeur à mesurer afin d'assurer une certaine redondance.

Les mesures de déformation réalisées à l'aide de fibres optiques continues doivent comporter au moins deux boucles symétriques.

Pour déterminer la charge à partir de la déformation, la section transversale *A* et le module d'élasticité du matériau dont le pieu est constitué doivent être évalués. Tous les matériaux présents dans le pieu doivent être pris en compte.

## 5 Procédure d'essai

### 5.1 Préparation de l'essai

#### 5.1.1 Protections

Pendant toute la durée de l'essai, toutes les précautions nécessaires doivent être prises pour éviter que des facteurs extérieurs (intempéries, vibrations, etc.) n'interfèrent avec les résultats de l'essai.

Les techniques permettant de répondre à cette exigence peuvent inclure les options suivantes :

- couvrir toute l'installation d'essai sous une tente ou tout autre type de protection semblable ;
- utilisation de housses de protection ;
- choix de matériaux appropriés pour les poutres de référence et la conception de ces poutres ;
- utilisation d'appareils de mesure à compensation de température ;
- poutres de référence peintes en blanc.

L'ensemble des composants, câbles et appareils de mesure intégrés dans le pieu ou installés à l'extérieur de ce dernier doivent être protégés contre les dommages pendant toutes les étapes de la construction et des essais. Cela inclut en particulier une isolation adéquate des capteurs et câbles électriques contre l'eau, ainsi qu'une protection mécanique contre les dommages pendant l'exécution du pieu (bétonnage, recépage, fonçage), la préparation de la tête du pieu et la mise en place de l'installation d'essai et des dispositifs associés.

Toute autre activité du site susceptible d'influencer les mesures (par ex. les vibrations causées par les activités de construction en cours) doit être interrompue pendant la durée de l'essai.

La température de l'air doit être régulièrement enregistrée au cours de l'essai de façon à identifier les effets de la température sur les résultats de l'essai.

#### 5.1.2 Construction d'un pieu d'essai

Il convient de construire les pieux d'essai de la même façon que les pieux de l'ouvrage (méthode d'installation, outillage et matériaux identiques).

Il convient que les pieux d'essai aient le même diamètre que les pieux de l'ouvrage. Les essais de chargement des pieux d'essai de petit diamètre peuvent être réalisés conformément aux spécifications et restrictions définies dans l'EN 1997-1.

En fonction du type de pieu, des éléments de tension supplémentaires peuvent être nécessaires pour appliquer la charge.

Les pieux d'essai doivent être conçus pour résister à la charge d'essai maximale, si bien que l'utilisation d'armatures supplémentaires est permise. Leur influence potentielle sur le comportement du pieu doit toutefois être prise en considération.

L'influence de l'instrumentation du pieu sur la construction et l'intégrité de ce dernier doit être réduite au minimum.

Il convient d'apporter un soin particulier à la supervision et à la surveillance de l'installation des pieux d'essai et à l'élaboration des rapports d'exécution des pieux. Des conseils sur les différents éléments à surveiller et à enregistrer sont donnés dans les normes européennes d'exécution des pieux appropriées.