

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1773**

Première édition
First edition
1996-11

**Lignes aériennes –
Essais de fondations des supports**

**Overhead lines –
Testing of foundations for structures**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1773: 1996

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
1773

Première édition
First edition
1996-11

**Lignes aériennes –
Essais de fondations des supports**

**Overhead lines –
Testing of foundations for structures**

© CEI 1996 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher

Bureau central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

X

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
Articles	
1 Domaine d'application et objet	8
2 Références normatives	8
3 Définitions	10
4 Catégories d'essais	10
4.1 Essais de conception.....	10
4.2 Essais de routine.....	12
5 Données géotechniques	14
5.1 Généralités	14
5.2 Résultats des sondages de sol	14
5.3 Paramètres d'études géotechniques	14
5.4 Conditions de sol pendant la mise en oeuvre de la fondation.....	14
6 Mise en oeuvre des fondations.....	16
6.1 Généralités	16
6.2 Modifications des fondations pour les essais de conception.....	16
6.3 Techniques de mise en oeuvre des fondations soumises aux essais de conception.....	16
6.4 Fiches de mise en place	18
6.5 Délai requis entre la mise en oeuvre de la fondation et l'essai	18
7 Equipements nécessaires aux essais	20
7.1 Application des charges.....	20
7.2 Dispositif de chargement pour les essais	22
7.3 Poutre de référence – Essais de conception.....	24
7.4 Moyens de mesure des déplacements – Essais de conception	24
7.5 Moyens de mesure des déplacements – Essais de routine	26
7.6 Etalonnage des instruments de mesure.....	26
8 Procédure d'essai.....	40
8.1 Nombre d'essais.....	40
8.2 Essais de groupes de pieux	40
8.3 Procédure de chargement.....	42
8.4 Enregistrement des essais.....	44
9 Evaluation de l'essai	46
9.1 Généralités	46
9.2 Essais de conception.....	46
9.3 Essais de routine.....	48

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
Clause	
1 Scope and object.....	9
2 Normative references	9
3 Definitions	11
4 Categories of tests	11
4.1 Design tests	11
4.2 Proof tests	13
5 Geotechnical data.....	15
5.1 General	15
5.2 Soil investigation results	15
5.3 Geotechnical design parameters	15
5.4 Soil conditions during foundation installation	15
6 Foundation installation.....	17
6.1 General	17
6.2 Variations on foundations for design tests	17
6.3 Installation techniques for foundations subject to design testing.....	17
6.4 Installation records	19
6.5 Minimum period of time required between installation and testing	19
7 Test equipment.....	21
7.1 Load application	21
7.2 Test loading arrangements.....	23
7.3 Reference beam – Design tests	25
7.4 Displacement measurement devices – Design tests.....	25
7.5 Displacement measurement devices – Proof tests	27
7.6 Calibration of measuring instruments	27
8 Test procedure	41
8.1 Number of tests	41
8.2 Testing of pile groups	41
8.3 Loading procedure	43
8.4 Test recording	45
9 Test evaluation	47
9.1 General	47
9.2 Design tests	47
9.3 Proof tests	49

Articles	Pages
10 Critères d'acceptation	48
10.1 Généralités	48
10.2 Essais de conception	48
10.3 Essais de routine	50
11 Rapport d'essais	50
 Annexes	
A Bibliographie	52
B Essais de sol	54
C Commentaires sur la distance libre entre appuis et fondation d'essai	60
D Formulaires d'enregistrement pour la mise en oeuvre et l'essai de la fondation	66
E Guide pour la détermination graphique de la résistance de la fondation à l'arrachement et à la compression	76
F Glossaire et explications	86

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61773:1996

Clause	Page
10 Acceptance criteria.....	49
10.1 General.....	49
10.2 Design tests.....	49
10.3 Proof tests.....	51
11 Test report	51
Annexes	
A Bibliography	53
B Soil investigations.....	55
C Comments on clear horizontal distance between reaction supports and test foundation.....	61
D Formats for records of installation and testing	67
E Guidance notes for graphical determination of foundation uplift or compression capacity	77
F Glossary of terms and explanations	87

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61773:1996

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

LIGNES AÉRIENNES –

ESSAIS DE FONDATIONS DES SUPPORTS

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes Internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques, représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 1773 a été établie par le comité d'études 11 de la CEI: Lignes aériennes.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
11/111/FDIS	11/117/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Les annexes A, B, C, D, E et F sont données uniquement à titre d'information.

Le contenu du corrigendum du mois de Mars 1997 a été pris en considération dans cet exemplaire.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OVERHEAD LINES –

TESTING OF FOUNDATIONS FOR STRUCTURES

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 1773 has been prepared by IEC technical committee 11: Overhead lines.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
11/111/FDIS	11/117/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

Annexes A, B, C, D, E and F are for information only.

The contents of the corrigendum of March 1997 have been included in this copy.

LIGNES AÉRIENNES – ESSAIS DE FONDATIONS DES SUPPORTS

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale est applicable aux procédures d'essais pour les fondations des supports de lignes aériennes. La norme distingue:

- a) les fondations principalement sollicitées par des forces axiales, soit à l'arrachement soit en compression, agissant dans la direction de l'axe central de la fondation. Ceci s'applique aux pylônes-treillis rigides à pieds séparés, c'est-à-dire fondations en béton à dalles et cheminées, grilles métalliques, puits en béton, pieux et ancrages scellés au mortier. Les fondations de haubans sont incluses si la charge d'essai est appliquée dans la direction réelle du hauban;
- b) les fondations principalement sollicitées par des forces latérales, des couples de renversement ou une combinaison de ces deux charges. Ceci s'applique aux poteaux uniques à fondations classiques, c'est-à-dire fondations monoblocs, dalles de béton, puits en béton, pieux et poteaux directement scellés dans le sol. Cela peut également s'appliquer aux fondations de portique en H pour lesquelles les charges prédominantes sont les forces latérales, les couples de renversement ou une combinaison de ces deux charges;
- c) les fondations sollicitées par la combinaison des charges mentionnées ci-dessus en a) et en b).

Les essais à échelle réduite ou sur un modèle de fondations ne sont pas inclus. Toutefois, ceux-ci peuvent être utiles pour des besoins de conception.

Les essais dynamiques sont exclus du domaine d'application de ce document.

L'objet de la présente norme est de fournir des procédures s'appliquant à la recherche de la charge admissible et/ou de la réponse sous charge (flèche ou rotation) du massif complet en tenant compte de l'interaction entre la fondation et le sol et/ou le rocher environnant. La résistance mécanique des éléments structurels de la fondation ne fait pas l'objet de cette norme. Toutefois, dans le cas d'ancrages injectés, la rupture de composants de la structure, comme le mortier entre la barre d'ancrage et l'injection, peut être prépondérante.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales actuellement en vigueur.

CEI 50(466): 1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 466: Lignes électriques*

CEI 826: 1991, *Charge et résistance des lignes aériennes de transport*

OVERHEAD LINES –

TESTING OF FOUNDATIONS FOR STRUCTURES

1 Scope and object

This International Standard is applicable to the testing procedures for foundations of overhead line structures. This standard distinguishes between:

- a) foundations predominantly loaded by axial forces, either in uplift or compression, acting in the direction of the foundation central axis. This applies to foundations of rigid lattice towers with typical individual footings, that is concrete pad and chimney foundations, steel grillages, concrete piers, piles and grouted anchors. Guy (stay) foundations are included when they are tested in line with their true guy inclinations;
- b) foundations predominantly loaded by lateral forces, overturning moments, or a combination of both. This applies to single poles with typical compact foundations, for example monoblock foundations, concrete slabs, concrete piers, piles and poles directly embedded in the ground. It may also apply to H-frame structure foundations for which the predominant loads are lateral forces, overturning moments, or a combination of both;
- c) foundations loaded by a combination of forces mentioned under a) and b).

Tests on reduced scale or model foundations are not included. However, they may be useful for design purposes.

Dynamic foundation testing is excluded from the scope of this document.

The object of this standard is to provide procedures which apply to the investigation of the load-carrying capacity and/or the load response (deflection or rotation) of the total foundation as an interaction between the foundation and the surrounding soil and/or rock. The mechanical strength of the structural components is not within the object of this standard. However, in the case of grouted anchors, the failure of structural components, for example the bond between anchor rod and grout, may predominate.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 50(466): 1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 466: Overhead lines*

IEC 826: 1991, *Loading and strength of overhead transmission lines*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent et complètent celles données dans la CEI 50(466).

3.1 résistance caractéristique: Valeur garantie dans les normes applicables. Cette valeur est également désignée sous le terme de résistance garantie, résistance minimale, charge de rupture minimale ou résistance nominale et correspond généralement à une limite d'exclusion de 2 % à 5 %, 10 % étant en pratique, la limite supérieure (CEI 826, 1.2.1).

3.2 charge d'endommagement ou charge limite de service: Charge correspondant à la résistance ultime de la fondation et qui, en cas de dépassement, conduit à un endommagement et à une déformation notable ou qui provoque une réduction de la résistance de la structure supportée. La charge d'endommagement est normalement liée à des critères de déplacement et peut également être appelée la charge limite de service.

NOTE – Il peut être nécessaire de faire référence à ce terme pour appliquer cette norme à des essais de fondations conçues sur des critères de charge déterministes.

3.3 charge de calcul: Charge limite, ou charge de service pondérée, ou charge déduite d'une période de retour particulière associée à un événement climatique, pour laquelle la fondation a été calculée.

3.4 charge de rupture: Charge maximale qui peut être appliquée pendant l'essai. Cette charge est également appelée charge de rupture aux états limites et est généralement associée à des déplacements provoquant la rupture de la structure.

3.5 charge maximale d'épreuve: Charge maximale appliquée à la fondation essayée lors d'un essai de routine.

3.6 rapport d'essai: Document final résumant les résultats des investigations et des essais de fondation.

3.7 charge de travail: Charge maximale qu'il est probable que la fondation subisse en service normal, durant la vie de la ligne, sans facteurs de surcharge inclus.

NOTE – Le terme charge de travail ne s'applique pas aux méthodes de calculs aux états limites et n'est pas compatible avec la CEI 826. Cependant, lorsque la présente norme est utilisée pour essayer des fondations conçues sur des critères de charges déterministes, il peut être nécessaire d'utiliser ce terme.

4 Catégories d'essais

En ce qui concerne le but de l'essai, le niveau d'investigation et la méthode de réalisation, cette norme se réfère à deux catégories d'essais:

- a) les essais de conception;
- b) les essais de routine.

4.1 Essais de conception

Les essais de conception sont généralement menés sur des fondations spécialement réalisées dans un ou plusieurs des buts suivants:

- a) vérifier les paramètres de calcul ou les méthodologies;
- b) vérifier les procédures de construction;

3 Definitions

For the purpose of this International Standard, the following definitions apply. The definitions listed below supplement those given in IEC 50(466).

3.1 characteristic strength: The value guaranteed in appropriate standards. This value is also called the guaranteed strength, the minimum strength, the minimum failing load or the nominal strength and usually corresponds to an exclusion limit, from 2 % to 5 %, with 10 % being, in practice, the upper limit (IEC 826, 1.2.1).

3.2 damage or serviceability limit load: The load corresponding to the strength limit of the foundation, which, if exceeded, will lead to damage and noticeable deformation or reduction in strength of the supported structure. The damage load is normally related to displacement criteria and may also be known as the serviceability limit load.

NOTE – When applying this standard to testing foundations which are designed using deterministic loading criteria, reference to this term may be necessary.

3.3 design load: The limit load or factored working load or the load derived with respect to a specific return period of a climatical event, for which the foundation has been designed.

3.4 failure load: The maximum load which can be applied during testing. It is also known as the limit state failure load and is usually associated with displacements leading to failure of the structure.

3.5 maximum proof load: The maximum load applied to the foundation tested during a proof test.

3.6 test report: Final document summarizing the results of investigations and foundation tests.

3.7 working load: The maximum load likely to be experienced by the foundation under normal working conditions, during the life of the line, with no overload factors included.

NOTE – The term working load does not apply to limit states design methods and is not compatible with IEC 826. However, when applying this standard to testing foundations which are designed using deterministic loading criteria, reference to this term may be necessary.

4 Categories of tests

With respect to the purpose of the test, the level of investigation and the method of execution, this standard refers to two categories of tests:

- a) design tests;
- b) proof tests.

4.1 Design tests

Design tests are normally carried out on specially installed foundations, with one or more of the following objectives:

- a) to verify design parameters or methodologies;
- b) to verify construction procedures;

- c) établir les paramètres d'études géotechniques et/ou une méthodologie conceptuelle pour une application particulière;
- d) vérifier que la conception de la fondation est conforme aux spécifications;
- e) déterminer la charge de rupture moyenne et le coefficient de variation des méthodes de conception pour les conditions de sols spécifiées.

Les essais se référant aux points c) et/ou d) sont également appelés essais de type.

4.1.1 Essais en vraie grandeur

Il est préférable que les essais de conception soient réalisés en vraie grandeur. Lorsque les essais sont réalisés pour vérifier les paramètres de calcul, la fondation essayée doit être autant que possible identique aux fondations utilisées en service (voir 6.1).

Les essais de conception sont réalisés au moins jusqu'à la charge de calcul ou jusqu'à la charge de rupture, particulièrement lorsqu'il s'agit des essais relatifs au 4.1 c), et/ou 4.1 d), utilisant la méthode de calcul aux états limites. Les limitations sur la réaction d'appui, les déplacements, l'inclinaison ou la rotation doivent être prises en compte le cas échéant. Il convient que le niveau de l'instrumentation et l'importance des investigations soient adaptés au but recherché dans l'essai.

4.1.2 Essais à échelle réduite

Dans le cas de fondations de grandes dimensions, il peut être impossible d'entreprendre des essais de conception sur une fondation en vraie grandeur. Des essais de conception sur des fondations de dimensions réduites peuvent être pris en compte, dans les conditions suivantes:

- a) la fondation essayée est installée en utilisant les mêmes techniques et matériaux que la fondation des pylônes de la ligne à réaliser;
- b) quand cela est nécessaire, la fondation essayée est instrumentée de telle façon que les résistances de la base et du fût puissent être mesurées séparément;
- c) pour les fondations dont la tenue est déterminée par le frottement latéral, il convient que le rapport des largeurs de la fondation testée aux largeurs de la fondation normale ne soit pas inférieur à 0,5. Il convient que les profondeurs soient identiques.

Si la charge admissible n'est pas basée entièrement sur le frottement latéral (fondations autres que pieux, caissons ou ancrages injectés), l'évaluation des essais à échelle réduite doit être faite avec une grande précaution. Une attention particulière doit être portée au rapport de la surface à la profondeur et à leur valeur absolue.

4.2 Essais de routine

Ils sont utilisés durant la réalisation des fondations des pylônes pour vérifier la qualité de la mise en oeuvre, les matériaux utilisés, et contrôler qu'il n'y a pas de variation importante des paramètres géotechniques présumés. Des essais de routine peuvent également être réalisés dans le cas de sols hétérogènes où une variation importante des capacités portantes peut être rencontrée. La cohérence, la rapidité, l'économie et l'efficacité sont des facteurs clefs.

Les essais de routine sont réalisés à un pourcentage particulier de la charge de calcul (habituellement 60 % à 75 %), suivant les spécifications contractuelles, mais ne peuvent pas excéder la charge limite de service. Les limitations des déplacements doivent être prises en compte. Le niveau d'instrumentation et d'investigation peut être faible mais la fiabilité de l'équipement et de la procédure doit être élevée.

Des essais dynamiques de pieux peuvent également être utilisés comme essais de routine, après avoir étalonné le système d'essai avec les essais de conception.

- c) to establish geotechnical design parameters and/or a design methodology for a specific application;
- d) to verify compliance of foundation design with specifications;
- e) to determine the average failure load and coefficient of variation of the design type in specified soil conditions.

Tests according to c) and/or d) are also known as type tests.

4.1.1 *Full scale tests*

Design tests should preferably be carried out with full scale units. When tests are carried out to verify design parameters, the test foundation shall be as identical as possible to those proposed for production (see 6.1).

Design tests are carried out to at least the design load or to failure, especially when testing according to 4.1 c) and/or 4.1 d), using limit state design. Limitations of displacements, deflection or rotation under load shall be considered where applicable. The level of instrumentation and of investigation should be appropriate for the purpose of the test.

4.1.2 *Reduced scale tests*

In the case of large dimension foundations, it might be impractical to undertake design tests on a full size foundation. Design tests on smaller dimension test foundations may be considered, subject to the following conditions:

- a) the test foundation is installed using the same techniques and materials as the production foundation;
- b) where necessary, the test foundation is instrumented in such a manner that the base and shaft resistances can be derived separately;
- c) for foundation types where the capacity is determined by lateral friction, the ratio of the test foundation lateral dimensions to the production foundation lateral dimensions is not less than 0,5. The depths should be equal.

Evaluation of reduced scale tests shall be carried out with great caution, unless the load capacity is based entirely on skin friction (for example piles, caissons or grouted anchors). Great care shall be taken with area/depth ratios and their absolute values.

4.2 *Proof tests*

These are intended for use during the installation of production foundations to act as a check on the quality of the installation, on the materials being used, and on the absence of any major variations in the assumed geotechnical design parameters. Proof tests may also be carried out on foundations installed in heterogeneous soil conditions where a wide variation in the foundation load-resistance capacity may be expected. Consistency, speed, economy and effectiveness are the key considerations.

Proof tests are taken to a specific percentage of the design load (usually 60 % to 75 %), as stipulated in the contract, but may not exceed the serviceability limit load. Limitations of the displacement shall be considered. The level of instrumentation and investigation may be low, but the reliability of the equipment and procedure shall be high.

Dynamic testing of piles after suitable calibration of the test equipment with design tests may also be used for proof testing.

Les essais de routine sont réalisés généralement sur les fondations des pylônes de la ligne en cours de construction. Ces fondations doivent continuer à jouer pleinement leur rôle après les essais.

5 Données géotechniques

5.1 Généralités

Il est conseillé qu'un sondage de sol initial soit effectué avant le choix de l'emplacement d'un essai de conception. Les essais de sol avant travaux peuvent être supprimés dans le cas où les paramètres géotechniques sont fondés sur des données obtenues pendant l'installation (par exemple ancrages en rochers) ou dans le cas où les essais de routine sont utilisés pour vérifier les critères de réalisation. Cependant, dans ce cas, il convient de conserver les enregistrements concernant les essais de sols précédents et les hypothèses faites avant ou durant la construction de la fondation.

Les procédés à suivre pour les sondages de sol détaillés sont hors du domaine d'application de la présente norme. Cependant, certains critères généraux, exigences et méthodes fondamentales sont répertoriés en annexe B. Cette norme fournit seulement des critères généraux pour les sondages de sols des sites d'essais. Pour les détails, se référer aux normes internationales ou nationales appropriées et/ou aux règles techniques reconnues (par exemple [1]^{*}).

5.2 Résultats des sondages de sol

Les résultats des sondages de sol et de tous les essais ultérieurs en laboratoire doivent être notés avec précision, complétés d'un croquis du site donnant toutes les caractéristiques physiques et géologiques intéressantes.

5.3 Paramètres d'étude géotechniques

Les paramètres géotechniques utilisés dans la conception des fondations essayées, ainsi que la méthode utilisée pour calculer ces valeurs, provenant soit d'essais en laboratoire, soit de considérations empiriques, doivent être notés.

5.4 Conditions de sol pendant la mise en oeuvre de la fondation

Durant la mise en oeuvre de toute fondation à essayer, les informations suivantes doivent être enregistrées:

- a) description visuelle, incluant les altérations, les discontinuités, etc. de chaque couche de sol/roche et la classification de sol/roche correspondante;
- b) le niveau phréatique;
- c) tout événement local lié au sol/roche se produisant pendant la construction, par exemple instabilité latérale, soulèvement du fond, infiltrations d'eau, etc.;
- d) le rapport de données météo.

Si les fondations sont remblayées, il est recommandé que les propriétés physiques et géotechniques du remblai soient établies en utilisant des essais *in situ* et/ou des essais de laboratoire. Il convient de noter la méthodologie utilisée pour combler et compacter les fouilles.

* Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie, en annexe A.

Typically, proof tests are carried out on foundations installed for structures of a specific line. The foundations shall be fully serviceable after successfully passing the tests.

5 Geotechnical data

5.1 General

An initial soil investigation should be completed prior to the selection of a design test site. A preconstruction soil investigation may be eliminated, either where the geotechnical parameters are based on data derived during the actual installation (for example rock anchors), or where proof tests are used to check installation criteria. However, in this case records should be kept of previous soil investigations and of any assumptions made prior to or during the construction of the foundations.

Procedures for detailed soil investigations are beyond the scope of this standard. However, some general criteria, basic requirements and methods are included in annex B. This standard provides only general criteria for soil investigations of test sites. For details, reference should be made to the appropriate international or national standards and/or to recognized codes of practice (for example [1]*).

5.2 Soil investigation results

The results of the soil investigation and any subsequent laboratory testing shall be accurately recorded, together with a sketch map of the site showing all the pertinent physical and geological features.

5.3 Geotechnical design parameters

The geotechnical parameters used in the design of the foundations being tested, together with the method used to calculate these values, either from laboratory tests or from empirical considerations, shall be recorded.

5.4 Soil conditions during foundation installation

During the installation of any test foundation, the following information shall be recorded:

- a) visual description, including weathering, discontinuities, etc. of each soil/rock stratum and corresponding soil/rock classification;
- b) ground water level;
- c) any local soil/rock phenomena experienced during construction, for example side instability, bottom heave, water ingress, etc.;
- d) relevant meteorological data.

If the foundations are backfilled, the physical and geotechnical properties of the backfill should be established by using field and/or laboratory tests. Details of the method used for backfilling and compaction should be recorded.

* Figures in square brackets refer to the bibliography given in annex A.

6 Mise en oeuvre des fondations

6.1 Généralités

Les essais de routine sont effectués sur des fondations mises en oeuvre pour la ligne en construction. C'est pourquoi il convient qu'il n'y ait pas de différence entre les fondations essayées et les fondations non essayées. Les essais de conception sont généralement effectués sur des fondations installées spécialement, qui doivent être construites en utilisant les matériaux spécifiés, aux dimensions aussi proches que possible de celles exigées par la conception.

6.2 Modifications des fondations pour les essais de conception

Pour les essais de conception, les modifications suivantes peuvent être envisagées.

a) La liaison entre la fondation et le matériel d'essais (par exemple les embases ou les armatures) peut nécessiter des modifications pour assurer la résistance adéquate quand, et si, la fondation est chargée sous des efforts approchant ou excédant ses charges de conception. Dans ce cas, il est recommandé que la liaison ait une résistance minimale de 1,5 fois la charge d'essai maximale pendant les essais de conception. Une telle modification ne doit pas intrinsèquement altérer le comportement de la fondation dans le sol, par exemple la rigidité latérale des colonnes élancées.

b) Les fondations en service peuvent ne pas être chargées verticalement, du fait de la pente du montant. Cependant, l'effet de l'inclinaison de la charge est faible quand la pente est limitée. Par conséquent, pour faciliter l'essai, la fondation peut être modifiée de façon que l'axe d'essai soit vertical, et que des charges puissent être appliquées verticalement quand la pente vraie maximale du montant (diagonale) est inférieure à 20 % (une dimension horizontale pour cinq verticales, voir figure 1).

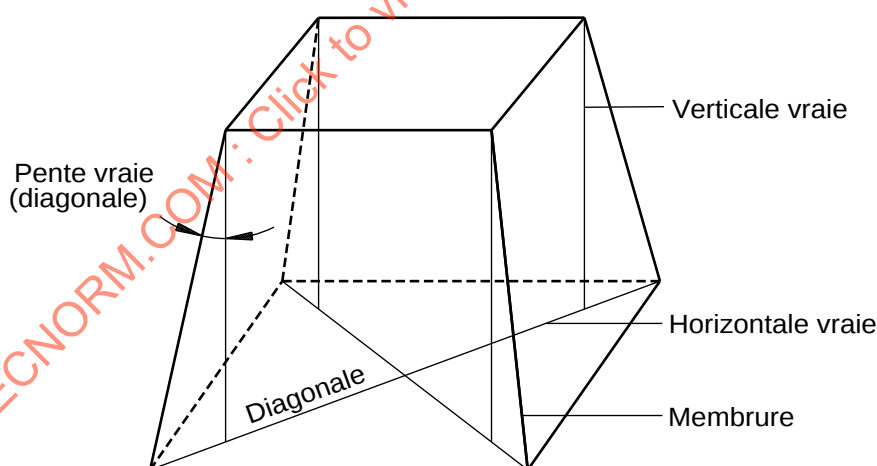


Figure 1 – Pente du montant pour les pylônes à fût de section rectangulaire

6.3 Techniques de mise en oeuvre des fondations soumises aux essais de conception

Il est essentiel que tous les points affectant la résistance de la fondation essayée, par exemple la méthode de construction et le compactage du remblai, soient identiques à ceux des fondations en service.

Il convient que les techniques utilisées pour la mise en oeuvre des fondations d'essais soient aussi proches que possible de celles utilisées pour les fondations en service.

6 Foundation installation

6.1 General

Proof tests are conducted on production foundations. Therefore, there should be no difference between the foundations tested and those not subjected to tests. Design tests are generally carried out on specially installed foundations which shall be constructed using the specified materials, to dimensions as close as possible to those required by the design.

6.2 Variations on foundations for design tests

For design tests, the following variations may be considered:

- a) The connection (for example the stub or reinforcing steel) between the foundation and the test apparatus may require modifications to ensure adequate strength when, and if, the foundation is stressed to loads approaching or in excess of its design load. In this case, the connection should have a minimum strength of 1,5 times the maximum test load during the design test. Any such modification shall not intrinsically alter the designed behaviour of the foundation in the ground, for example the lateral stiffness of long, slender columns.
- b) Due to the hip slope of the leg, production foundations might not be loaded vertically. However, the effect of inclined loading on the foundation capacity is low when the true leg slope is limited. Therefore, in order to ease foundation testing, the foundation may be modified so that its test axis is vertical, and the loads may be applied vertically where the maximum true hip slope is less than 20 % (one horizontal to five vertical, see figure 1).

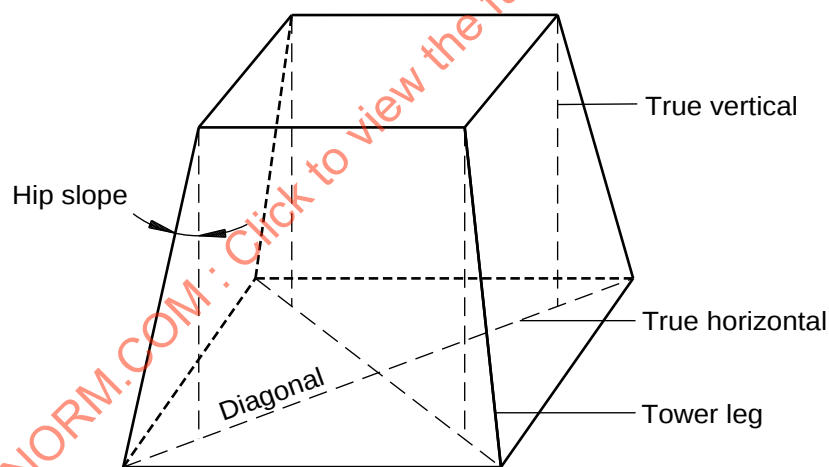


Figure 1 – Leg slope (hip slope) for towers with the shape of a regular frustum or truncated cone

6.3 Installation techniques for foundations subject to design testing

It is essential that all items which will affect the strength of the test foundations, for example method of construction and compaction of fill material, shall be equivalent to those used for the production foundations.

The techniques used for installation of the test foundations, should, where possible, be as close as is practical to those which are intended to be used on the production foundation.

Si le sommet de la fondation en service est enfoui sous le niveau du terrain naturel, par exemple un pieu ou un ancrage scellés dans un massif enterré, et que la fondation essayée est prolongée jusqu'à la surface pour faciliter l'essai, alors la partie rallongée doit être gainée, ou d'autres précautions prises, pour réduire l'interaction entre le sol et la fondation sur la partie ajoutée.

6.4 *Fiches de mise en place*

Dans le cas des essais de conception, tous les détails relatifs à la dimension de la fondation, sa construction et sa mise en place, doivent être notés. Ces fiches doivent reproduire les éléments conceptuels de la fondation en service et les valeurs réalisées sur la fondation d'essai (une fiche type est fournie en annexe D).

Le détail complet des conditions de sols, la description des parois de fouilles, la qualité, la quantité et la méthode de remblaiement et de compactage, etc., doivent être rapportés comme indiqué en 5.4.

Tous les détails doivent également apparaître précisément sur un croquis approprié.

Pour les essais de routine sur les fondations de série, il est recommandé d'utiliser les formulaires d'enregistrement donnés en annexe D. Ces formulaires peuvent être simplifiés selon le type de fondation et d'essai.

6.5 *Délai requis entre la mise en oeuvre de la fondation et l'essai*

Un délai suffisant doit s'écouler entre la réalisation de la fondation et le début des essais, pour assurer la résistance requise pour le béton ou le mortier et permettre un relâchement raisonnable des caractéristiques du sol liées aux contraintes appliquées, telle que la dissipation des pressions interstitielles.

Les délais minimaux entre la mise en oeuvre et l'essai de la fondation sont:

	Jours
– Grilles métalliques (après l'achèvement du remblai)	1
– Composants en béton de la fondation (voir note)	
– armé	14
– non armé	28
– Ancrage par scellement (voir note) (après coulage du mortier, suivant sa résistance)	7 à 14
– Pieux battus en terrain pulvérulent ou drainé (après battage)	7
– Pieux battus en terrain cohérent (après battage)	21
– Pieux en béton forés ou excavés et coulés sur place	14

NOTE – Une durée plus courte peut être autorisée si les essais sur échantillon de béton ou mortier ont atteint une résistance supérieure à deux fois la pression maximale imposée pendant l'essai. Les essais d'ancrage pré-contraints peuvent être effectués immédiatement après la mise en tension de l'ancrage.

If the foundation is set so that its top is some distance below ground level, for example a pile or an anchor set into the base of a buried cap, but the test foundation is extended to the ground surface for ease of testing, then the extended portion of the foundation shall be sleeved, or other precautions taken, to reduce the interaction between foundation and soil over the extended portion.

6.4 Installation records

In the case of foundations for design testing, all relevant details of foundation size, construction and installation shall be recorded. These records shall contain details relating both to design requirements for the foundation and to the actual data for the as-built test foundation (typical record formats are given in annex D).

Full details of soil conditions, description of excavation walls, quality, quantity, and method of backfilling, compaction, etc., as required in 5.4, shall be recorded.

All details shall also be accurately recorded on an appropriate sketch.

For proof testing of production foundations, it is recommended that the record formats given in annex D be used. These formats may be simplified, depending on the type of foundation and test.

6.5 Minimum period of time required between installation and testing

A sufficient period of time shall elapse between the installation of the foundation and the beginning of testing, to ensure adequate strength of concrete or grout, and to permit reasonable relaxation of the strength-related properties of the soil, such as dissipation of pore pressures.

Minimum time periods between installation and testing are:

	Days
– steel grillage (from completion of backfill)	1
– concrete components of a foundation (see note)	– reinforced 14
	– unreinforced 28
– grouted anchors (see note) (after grouting, depending on grout strength)	7 to 14
– prefabricated piles driven in non-cohesive or free-draining soils (after driving)	7
– prefabricated piles driven in cohesive soils (after driving)	21
– concrete piles augered or drilled and cast <i>in situ</i>	14

NOTE – A shorter time may be allowed if the concrete/grout sample strength tests have reached a value of not less than twice the maximum bearing stress to be imposed during the test. Testing of stressed anchors may be performed immediately after tensioning.

7 Equipements nécessaires aux essais

7.1 Application des charges

Le système d'application des charges doit être capable de mobiliser la résistance de la fondation ou permettre d'appliquer des déplacements supérieurs aux critères de conception, ou les deux. Dans la mesure du possible, il est recommandé que le système de charge applique les efforts axiaux et les efforts tranchants simultanément dans les cas où la charge latérale peut avoir une influence significative sur la tenue de la fondation.

Les efforts peuvent être appliqués par vérin hydraulique, à l'aide d'un treuil, ou d'un autre système de chargement si nécessaire. Il est conseillé de n'utiliser des pompes hydrauliques motorisées que si un système d'enregistrement automatique des déplacements de la fondation est disponible. La possibilité de maintenir la charge peut conduire à une rupture soudaine et rapide, avec peu d'avertissement. Si des pompes hydrauliques motorisées (ou d'autres systèmes de chargement motorisés) sont utilisées, un système de contrôle adapté doit être utilisé pour éviter un dépassement de la charge envisagée.

Si les charges sont appliquées par vérin hydraulique, le vérin doit avoir une capacité permettant de mobiliser la résistance de la fondation ou d'appliquer des déplacements supérieurs aux critères de conception, ou les deux. Si le vérin n'admet pas un tel mouvement, la procédure d'essai doit permettre les reprises du système de chargement. Le vérin hydraulique doit avoir une sécurité raisonnable, 25 % ou de préférence 50 % au-dessus de la charge maximale prévue pour les essais de conception, et 10 % à 25 % respectivement pour les essais de routine.

Le manomètre et le vérin doivent être calibrés ensemble avec un enregistrement de la pression appliquée au vérin et une mesure indépendante de la charge.

Tout treuil ou autre mécanisme utilisé pour appliquer la charge doit avoir une sécurité raisonnable suivant les mêmes critères que pour le vérin hydraulique. La résistance ultime en traction des élingues doit être supérieure ou égale à trois fois la charge maximale qui leur est appliquée.

Les charges appliquées à la fondation essayée peuvent être mesurées au moyen de cellules de charge, d'un manomètre installé sur un vérin hydraulique calibré, de dynamomètres installés sur la ligne de traction, ou par tout autre dispositif acceptable. Pour les essais de conception, un système de secours est conseillé, par exemple des jauges de charge et un manomètre. La précision des mesures doit être inférieure à 5 % (1 % étant préférable) de la charge maximale d'essais. Il est recommandé que le système de mesure du chargement soit installé aussi près que possible du point d'application de la charge.

Tout le matériel fonctionnant sous pression hydraulique, y compris le vérin hydraulique, doivent être capables de supporter, sans aucune fuite, une pression minimale de 1,5 fois, 2 fois étant préférable, la charge maximale équivalente prévue pour l'essai.

Le système de chargement (plaques, étais ou palans, etc.) doit avoir une rigidité structurelle adéquate et une charge ultime de conception d'au moins 1,5 fois la charge maximale d'essais.

Tous les équipements d'essais doivent être disposés de façon qu'une rupture d'élément ou de l'ensemble ne puisse pas provoquer de blessure au personnel travaillant sur le site. Tous les travaux doivent être réalisés suivant les règles de sécurité et les normes nationales appropriées.

7 Test equipment

7.1 Load application

The load application mechanism shall be able to mobilize the foundation capacity, or overcome the deflection design criteria, or both. Loading arrangements should, if possible, apply axial and shear loads simultaneously where lateral loading is likely to have a significant influence on foundation capacity.

Loads may be applied by a hydraulic jack, a winch system, or another loading mechanism, as required. Motorized pumps should only be used preferably when automatic logging of foundation movement is available. The ability to maintain load can lead to sudden and rapid failure with little warning. If using motorized pumps or loading devices, a suitable control system shall be used to avoid over-riding the load envisaged.

If loads are applied by hydraulic jack, the jack shall have a stroke able to mobilize the foundation capacity, or overcome the deflection design criteria, or both. If the jack is unable to produce such movement, the test procedure shall allow for adjustments of the loading system. The hydraulic jack shall have a reasonably safe capacity, that is not less than 25 % but preferably 50 % in excess of the expected maximum test load for design tests, and 10 % to 25 % respectively for proof tests.

Both the jack and the hydraulic pressure gauge shall be calibrated as a single unit, together with a record of the pressure applied to the jack, and an independent measurement of the load.

Any winch or other mechanism used to apply load shall have a reasonably safe capacity, using the same guidelines as for a hydraulic jack. For ropes under tension, their ultimate tensile strength (UTS) shall be not less than three times the maximum load.

The loads applied to the test foundation may be measured by load cells, by the pressure gauge on a calibrated hydraulic jack, by dynamometers installed on the winch line, or by another acceptable apparatus. For design tests, a back-up system is recommended, for example load cells and pressure gauge. Accuracy of measurement shall be within 5 % (preferably 1 %) of the maximum test load. It is recommended that the load measuring device be installed as close as possible to the load application point.

All equipment operating under hydraulic pressure including the hydraulic jack shall be capable of withstanding, without leaking, a pressure of a minimum of 1,5 times, but preferably 2,0 times, the equivalent maximum load expected in the test.

The loading mechanism (bearing plates, struts or blocks, etc.) shall possess an adequate structural stiffness, and a minimum ultimate design capacity equivalent to 1,5 times the maximum applied test load.

All test equipment shall be installed in such a manner that no individual or cumulative component failure can cause a hazard to any person working on the site. All works shall be conducted in accordance with the appropriate safety codes and national standards.

7.2 Dispositif de chargement pour les essais

7.2.1 Fondations chargées suivant leur axe

Les charges d'essai peuvent être appliquées par les moyens suivants:

- poutre de chargement et appuis (voir figure 3);
- système de poutre à cantilever (voir figure 4);
- portique (voir figure 5);
- grue hydraulique (essais d'arrachement).

Dans le cas d'essais de compression, la réaction peut être transmise au sol par des pieux travaillant à l'arrachement ou des ancrages.

Il convient que la distance libre minimale (L) entre les points d'appuis (voir figure 3) soit choisie avec prudence pour éviter toute influence sur le comportement de la fondation. Il est recommandé d'augmenter cette distance, si cela est préférable compte tenu du mode de rupture prévu et, si les équipements nécessaires sont disponibles. Les distances minimales proposées pour les essais de routine (voir figure 2 pour la signification des symboles utilisés) sont:

- a) fondations à dalles et cheminée, grilles métalliques, fondations massives en béton ou ancrages enterrés:

$$L = e + 0,7 \times a \quad (\text{m})$$

où

e est la largeur de la fondation exprimée en mètres;

a est la profondeur exprimée en mètres;

L est la distance entre les points d'appuis les plus proches.

- b) pour les puits en béton, les pieux battus, les pieux forés ou injectés, ou les ancrages vissés:

$$L = 3 \times e \quad (\text{m}) \quad \text{ou} \quad 2 \quad (\text{m}), \text{ la plus grande valeur étant retenue.}$$

Dans le cas des essais de conception, il est recommandé d'augmenter ces distances. Voir l'annexe C pour les principes de base permettant d'établir les distances libres minimales entre points d'appuis.

7.2.2 Fondations chargées latéralement, fondations soumises à des couples de renversement

Les charges d'essai latérales peuvent être appliquées directement aux fondations par les moyens suivants:

- vérin hydraulique et fondation d'appui (voir figures 6a et 6b);
- vérin hydraulique et corps mort (poids mort) (voir figure 6c);
- vérin hydraulique et plate-forme chargée (voir figure 6d).

Les charges d'essai de renversement peuvent être appliquées par les moyens suivants:

- ligne de traction unique et source d'énergie (voir figure 7a);
- lignes de traction démultipliées et source d'énergie (voir figure 7b);
- ligne de charge tendue entre le sommet d'un poteau et la source d'énergie (voir figure 7c).

7.2 Test loading arrangements

7.2.1 Axially-loaded foundations

Test loads can be applied by the following means:

- test loading beam and supports (see figure 3);
- fulcrum beam arrangement (see figure 4);
- A-frame (see figure 5);
- hydraulically operated crane (uplift tests).

In the case of compression tests, the reaction can be transferred to the subsoil by tension piles or ground anchors.

The minimum clear distance (L) between reaction supports (see figure 3) should be chosen carefully to prevent any influence on the behaviour of the foundation. This distance should be increased if advisable due to the expected failure mode, and if suitable test equipment is available. Suggested minimum distances for proof tests (see figure 2 for meaning of symbols) are given by:

- a) pad and chimney, grillages, concrete block foundations, or buried anchors:

$$L = e + 0,7 \times a \quad (\text{m})$$

where

e is the width of foundation in metres;

a is the depth of foundation in metres;

L is the distance between nearest points of reaction supports.

- b) for concrete piers, driven piles, drilled and grouted piles, or helix anchors:

$$L = 3 \times e \text{ (m) or } 2 \text{ (m), whichever is greater.}$$

In the case of design tests, it is advisable to increase these distances. Annex C discusses basic considerations for establishing minimum clear distances between reaction supports.

7.2.2 Laterally loaded foundations, foundations under overturning moments

Lateral test loads can be applied directly to foundations by the following means:

- hydraulic jack and reaction foundation (see figures 6 a and 6 b);
- hydraulic jack and deadman (see figure 6 c);
- hydraulic jack and weighted platform (see figure 6 d).

Lateral/overturning test loads can be applied by the following means:

- single cable line and power source (see figure 7 a);
- multiple-part cable line and power source (see figure 7 b);
- loading line arranged between top of pole and power source (see figure 7 c).

Il convient que la distance libre minimale (L) entre les points d'appuis et la fondation essayée (voir figure 6) soit choisie avec prudence afin de réduire toute influence sur le comportement de la fondation essayée. Il est recommandé d'augmenter cette distance, si les équipements nécessaires sont disponibles.

Dans le cadre des essais de routine, les distances minimales (voir figure 6) entre les appuis et la fondation essayée, proposées pour les puits ou pour les pieux battus (les têtes de pieux étant écartées) (voir figure 2 pour la signification des symboles utilisés), sont données par:

$$L = 3 \times e \text{ (m)} \quad \text{ou} \quad 2 \text{ (m)}, \text{ la plus grande valeur étant retenue.}$$

Pour les essais de routine, lorsque la charge appliquée tend à rapprocher les têtes des pieux, ou pour les essais de conception, il est recommandé d'augmenter ces distances (voir l'annexe C pour les principes de base).

7.3 Poutre de référence – Essais de conception

Il est recommandé que la poutre de référence utilisée pour mesurer les déplacements pendant les essais de conception satisfasse aux exigences suivantes.

Il convient que la poutre de référence soit assez rigide pour porter l'instrumentation sans flèche excessive. Si plus d'une poutre est utilisée, il est recommandé qu'elles soient assemblées afin d'obtenir une rigidité supplémentaire.

Les appuis de la poutre de référence doivent être à une distance (voir figures 3 et 8) supérieure ou égale à C du bord de la fondation essayée, caractérisée par la dimension e , ou du bord de l'appui supportant la charge, avec:

$$\begin{aligned} C &= 0,35 a + 0,5 \text{ (m)} && \text{pour les fondations citées en 7.2.1 a);} \\ C &= (1,0 e + 0,5) \text{ (m)} \text{ ou } 1,5 \text{ (m)}, && \text{pour les fondations citées en 7.2.1 b), la plus grande} \\ &&& \text{valeur étant retenue;} \\ C &= 2,0 + 0,5 e \text{ (m)}, && \text{pour les fondations chargées latéralement.} \end{aligned}$$

Il est recommandé que la profondeur des appuis de la poutre de référence se situe de préférence entre 1 m et 3 m, à ajuster selon le type de terrain. Sur les sites rocheux, il est possible que les conditions de surface soient satisfaisantes. Cependant, sur les sols très compressibles, tels que l'argile tendre, il convient que les appuis soient gainés pour ne pas être en contact avec le sol compressible. Les éventuels déplacements verticaux des appuis de la poutre de référence doivent être contrôlés périodiquement à l'aide d'un niveau optique.

De façon à réduire les effets de la température, il est recommandé d'utiliser soit une poutre en bois, soit une poutre en acier reposant sur des roulements situés à l'une des extrémités. Dans ce dernier cas, il convient que les mouvements verticaux et latéraux soient bloqués efficacement du côté libre.

7.4 Moyens de mesure des déplacements – Essais de conception

7.4.1 Système de mesure principal

Des comparateurs de résolution recommandée de 0,1 mm (ou mieux) et de plages d'utilisation recommandée de 50 mm à 150 mm, de préférence 150 mm, peuvent être utilisés pour les essais de conception et les essais de routine.

Il est recommandé que le comparateur soit fixé à la poutre de référence de façon que le palpeur s'allonge lorsque la charge est appliquée, afin d'éviter d'endommager l'instrumentation en cas de rupture soudaine de la fondation ou de l'équipement.

The minimum clear distance (L) between reaction supports and the test foundation (see figure 6) should be chosen carefully to minimise any influence on the behaviour of the test foundation. This distance should be increased if suitable test equipment is available.

Suggested minimum distances between supports and the test foundation (see figure 6) for concrete piers, or for driven piles being pushed apart or pulled together (see figure 2 for meaning of symbols) under proof tests are given by:

$$L = 3 \times e \text{ (m) or } 2 \text{ (m), whichever is greater.}$$

For proof tests when pulling together or for design tests, it is advisable to increase these distances (see annex C for basic considerations).

7.3 Reference beam – Design tests

The reference beam, for measuring foundation displacement during design tests, should comply with the following requirements.

The reference beam should be stiff enough to support the instrumentation without excessive deflection. If more than one beam is used, the beams should be cross-connected to provide additional rigidity.

Supports for the reference beam shall be at a distance of not less than C from the edge of the test foundation (see figures 3 and 8), characterized by the dimension e , or from the edge of the reaction support, where:

$$\begin{aligned} C &= 0,35 a + 0,5 \text{ (m)} && \text{for foundations listed in 7.2.1 a);} \\ C &= (1,0 e + 0,5) \text{ (m) or } 1,5 \text{ (m),} && \text{whichever is greater for foundations listed in 7.2.1 b);} \\ C &= 2,0 + 0,5 e \text{ (m)} && \text{for laterally loaded foundations.} \end{aligned}$$

The depth of the supports for the reference beam should preferably be between 1 m and 3 m, depending on the soil type. At rock sites, even surface conditions may be satisfactory. However, in highly compressible soils, for example soft clays, the supports should be sleeved so that the support is not in contact with the compressible soil. Possible vertical displacement of the reference beam supports shall be checked periodically using an optical level.

To minimize temperature effects, the use of either a wooden or steel reference beam, supported on rollers at one end, is recommended. In the latter case, the free end should be effectively restrained against lateral and vertical movement.

7.4 Displacement measurement devices – Design tests

7.4.1 Primary measurement system

Mechanical dial gauges with a recommended resolution of 0,1 mm (or less) and a recommended range of travel of 50 mm to 150 mm, preferably 150 mm, may be used for design and proof tests.

It is recommended that the dial gauge should be clamped to the reference beam in such a manner that the gauge will expand as the load is applied, in order to prevent damage to the instrumentation in the event of a sudden failure of the foundation or equipment.

Des plaques de verre ou des plats usinés peuvent être fixés aux fondations d'essais pour assurer une surface d'appui lisse aux comparateurs.

Pour les essais d'arrachement ou de compression, au moins deux comparateurs doivent être installés de part et d'autre et à égales distances de l'axe vertical de la fondation.

Pour les fondations chargées latéralement, deux comparateurs doivent être disposés horizontalement, sur les faces opposées de la fondation et dans le plan de chargement, de façon à mesurer la flèche sous charge. Deux comparateurs peuvent également être disposés verticalement sur les faces opposées de la fondation et dans le plan de chargement pour mesurer la rotation sous charge (voir figure 8). On peut utiliser en alternative des inclinomètres d'une précision de $\pm 0,1^\circ$. Il est recommandé de disposer un comparateur horizontal et un comparateur vertical dans un plan perpendiculaire au plan de charge. Ces comparateurs enregistreront tout déplacement que la fondation pourrait subir en dehors du plan de chargement (voir figure 8) pendant l'application des efforts.

7.4.2 *Système de mesure secondaire*

Afin de contrôler le système de mesure principal, il convient d'utiliser un système de mesure secondaire pour tous les essais de conception.

Un niveau optique peut être utilisé avec un point de comparaison fixe et une mire. Il est recommandé que la mire soit fixée à la fondation ou sur l'embase métallique de la fondation, aussi près que possible de la surface de la fondation. La distance minimale du niveau et du point de référence à l'axe central de la fondation essayée et/ou du système d'appui doit être de 10 m.

On peut utiliser en alternative un transformateur différentiel à variable linéaire électronique (TDVL) ou un convertisseur déplacements potentiels (CDP) de résolution inférieure à $\pm 0,1$ mm. Tous les systèmes électroniques nécessitent des vérifications attentives avant et pendant les essais pour s'assurer qu'ils fonctionnent correctement.

7.4.3 *Déplacements à la surface du sol et déplacements souterrains*

Des données complémentaires peuvent être fournies par des piquets en bois, des témoins (par exemple des barres métalliques verticales gainées d'un manchon d'acier ou de plastique) fixés aux éléments de la fondation, par des niveaux optiques, des enregistrements photographiques ou vidéo.

7.4.4 *Protection des instruments*

Tous les instruments de mesure doivent être protégés des conséquences de l'ensoleillement, du vent, de la pluie, de la neige ou du givre qui peuvent provoquer des distorsions dans les lectures.

7.5 *Moyens de mesure des déplacements – Essais de routine*

Le niveau minimal des mesures pour les essais de routine consiste en un enregistrement des charges appliquées et du déplacement correspondant de la fondation, lu avec un niveau optique. Il convient que la résolution du niveau optique soit inférieure à 0,5 mm.

7.6 *Étalonnage des instruments de mesure*

Tous les instruments de mesure doivent avoir un certificat d'étalonnage en cours de validité.

Glass slides or machined plates may be fixed to test foundations to provide a smooth bearing surface for the dial gauges.

For uplift/compression tests, a minimum of two gauges shall be mounted equidistant from the vertical axis of the foundation and from each other.

For laterally loaded foundations, two gauges shall be mounted horizontally on opposing faces of the foundation and on the plane of loading to measure load deflection response. Two gauges may also be mounted vertically on opposing faces of the foundation and on the plane of loading to measure load rotation response (see figure 8). Alternatively, inclinometers with an accuracy of $\pm 0,1^\circ$ can be used. It is recommended that a gauge be installed horizontally and a gauge be installed vertically on a plane at 90° from the plane of loading. These gauges will record any out-of-plane movement that the test foundation might experience during loading (see figure 8).

7.4.2 *Secondary measurement system*

As a check/control on the primary measurement system, a secondary system should be used for all design tests.

An optical level may be used, with a fixed benchmark and a scale. The scale should be attached either to the foundation or to the foundation steelwork, as closely as possible to the surface of the foundation. Minimum distance of level and benchmark from the centre line of the test foundation and/or reaction system shall be 10 m.

Alternatively, an electronic linear variable differential transformer (LVDT) or a potential displacement transducer (PDT) with a resolution of less than $\pm 0,1$ mm may be used. All electronic systems require careful checks before and during testing to ensure that they function properly.

7.4.3 *Ground surface and subsurface displacement*

Additional data may be provided by wooden pegs, tell-tales (for example vertical steel rods in steel or plastic sleeves) attached to foundation components, optical levels, photographic and video camera records.

7.4.4 *Protection of instruments*

All measuring instruments shall be protected against incident sunlight, wind, rain, snow or icing that could lead to distortion of the readings.

7.5 *Displacement measurement devices – Proof tests*

The minimum level of measurement for proof tests should be a record of the applied load and the corresponding displacement of the foundation, using an optical level. Resolution of the optical level should be less than 0,5 mm.

7.6 *Calibration of measuring instruments*

All measuring instruments shall have a valid calibration certificate.

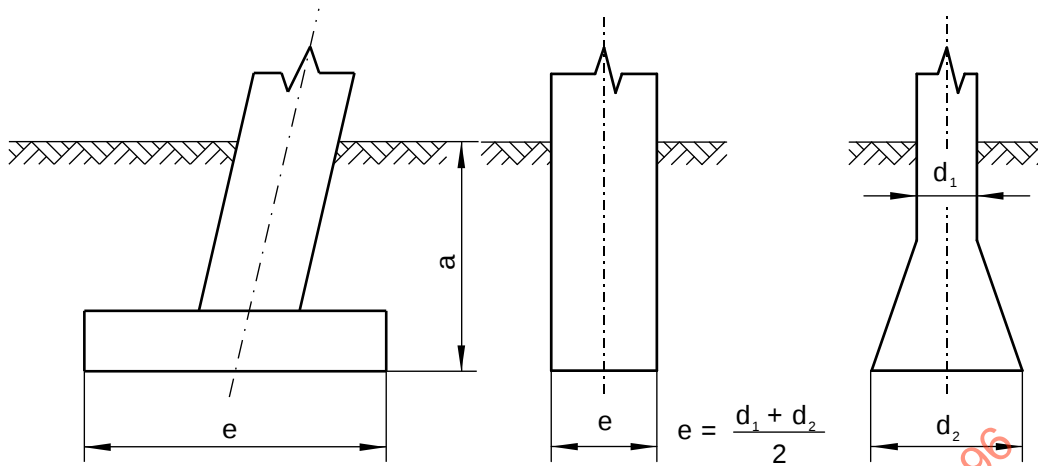


Figure 2a – Fondations à dalle et cheminée, Grilles métalliques

Figure 2b – Puits en béton, droits et à redan

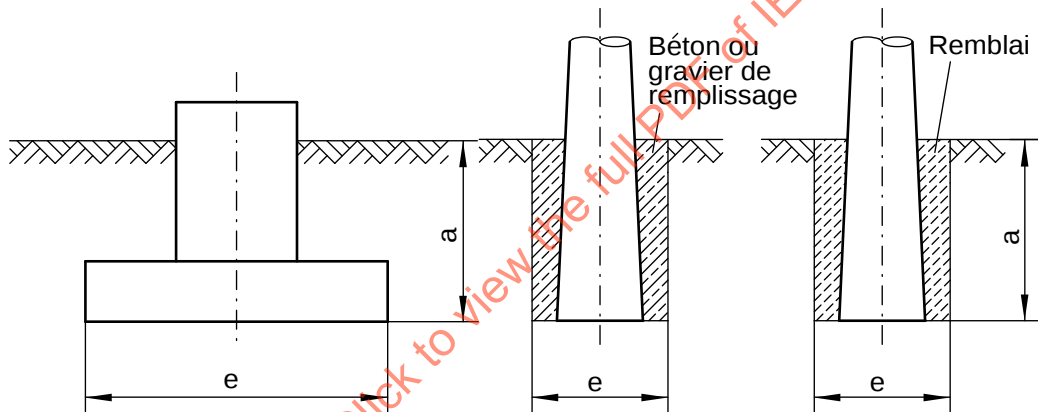


Figure 2c – Dalle de béton

Figure 2d – Poteaux directement encastrés

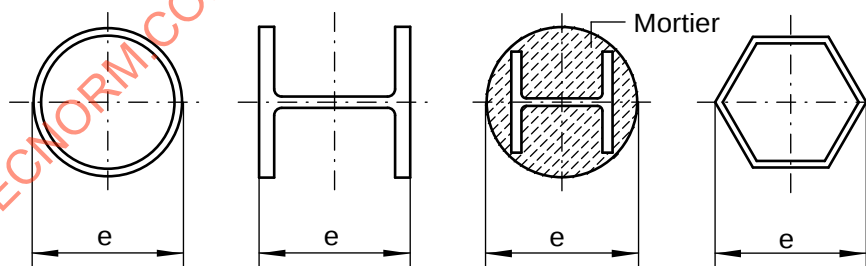


Figure 2e – Pieux

Figure 2 – Dimensions de référence pour établir la distance libre minimale entre l'appui et la fondation essayée

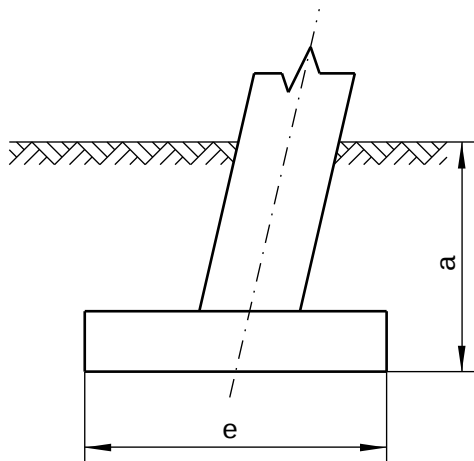


Figure 2a – Pad and chimney foundations, grillages

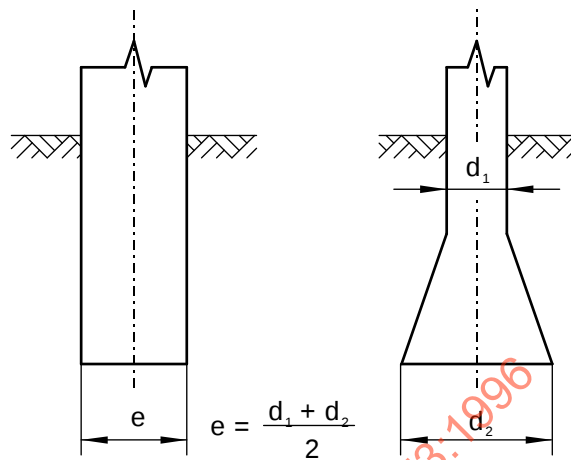


Figure 2b – Concrete piers, straight and undercut

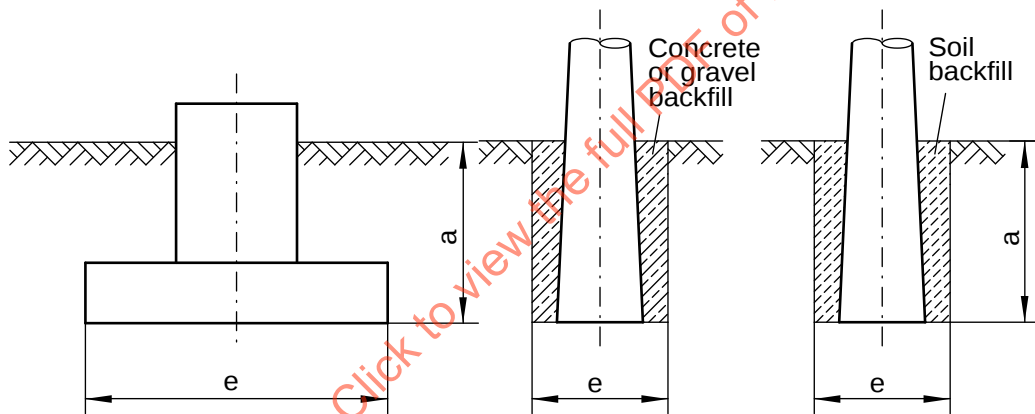


Figure 2c – Concrete slab

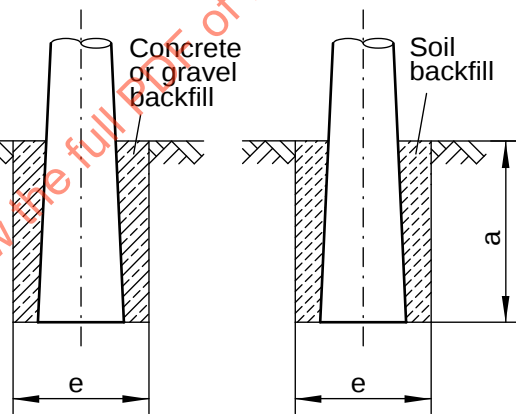


Figure 2d – Directly embedded poles

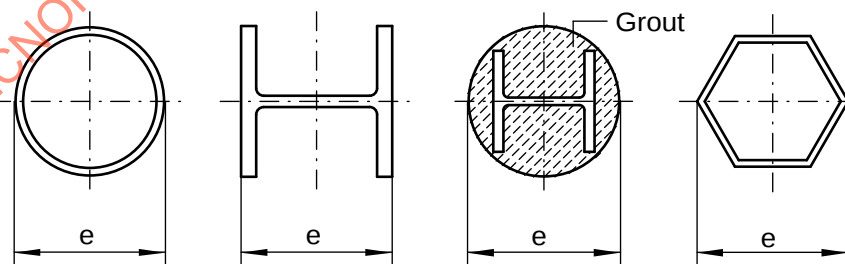


Figure 2e – Piles

Figure 2 – Reference dimensions to establish minimum clear distance of reaction support from test foundation

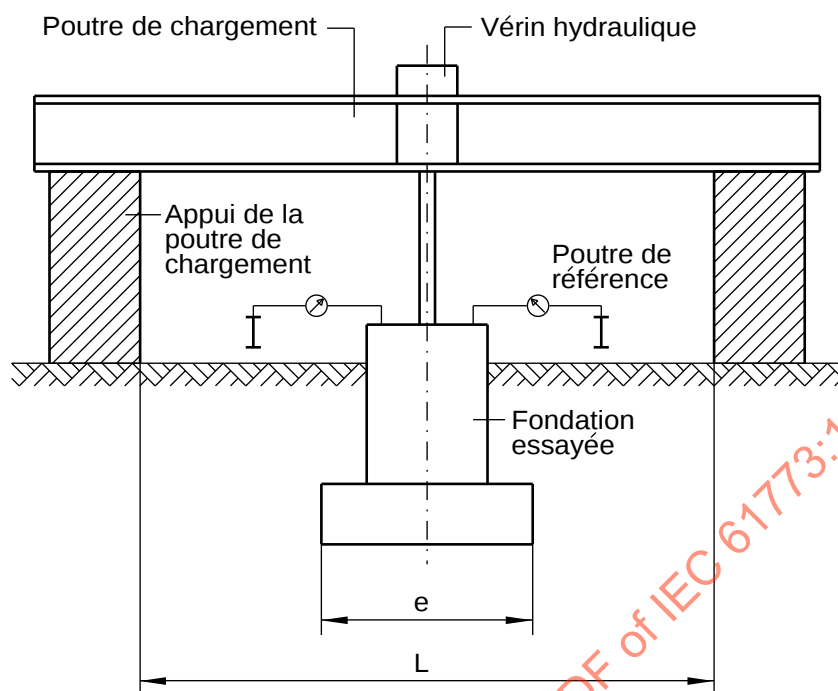


Figure 3a – Elévation

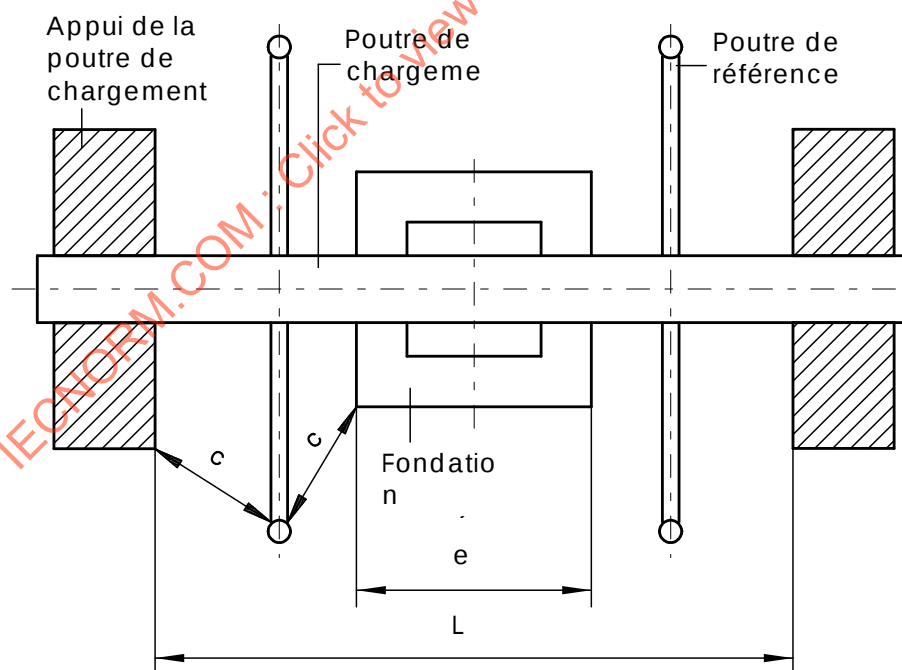


Figure 3b – Vue en plan

Figure 3 – Elévation et vue en plan d'un système de chargement type

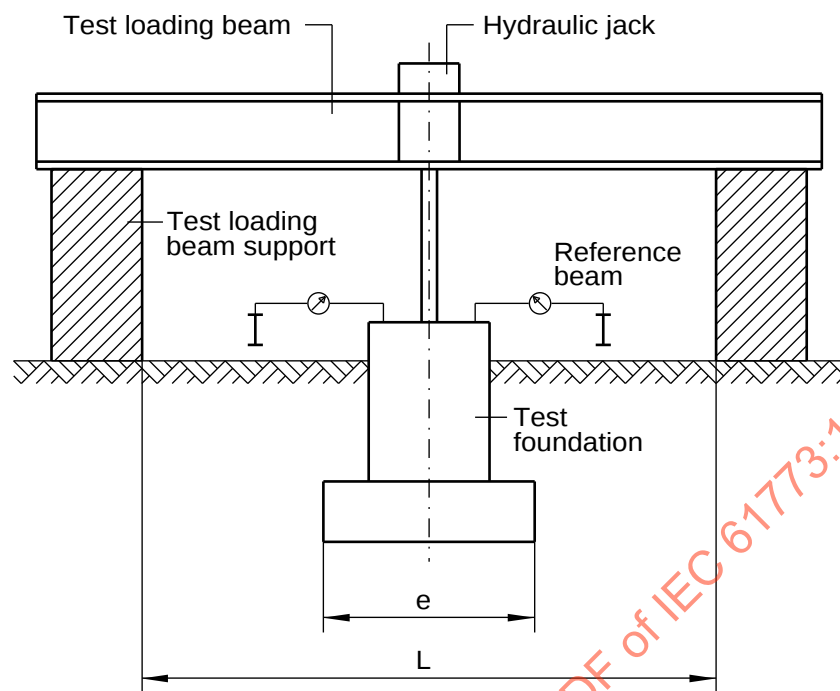


Figure 3a - Elevation

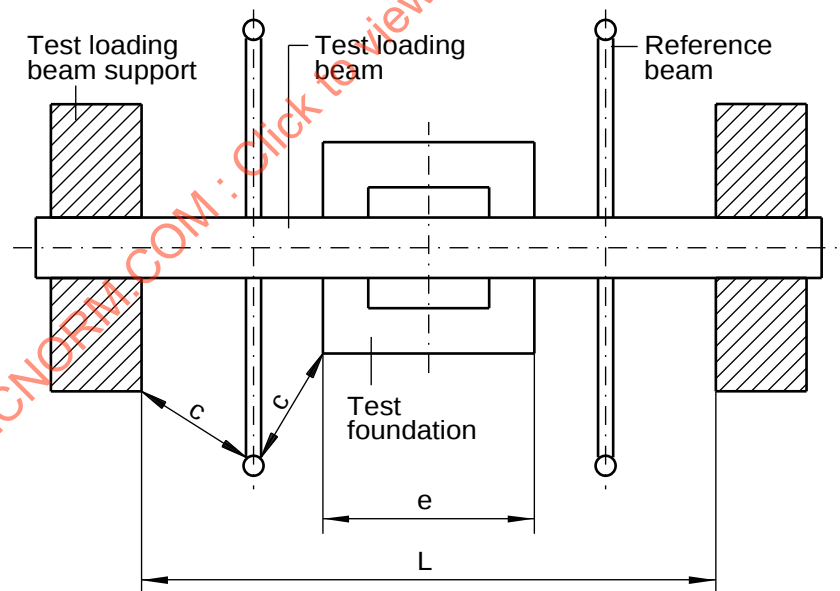


Figure 3b - Plan layout

Figure 3 - Elevation and plan layout of typical test loading beam arrangement

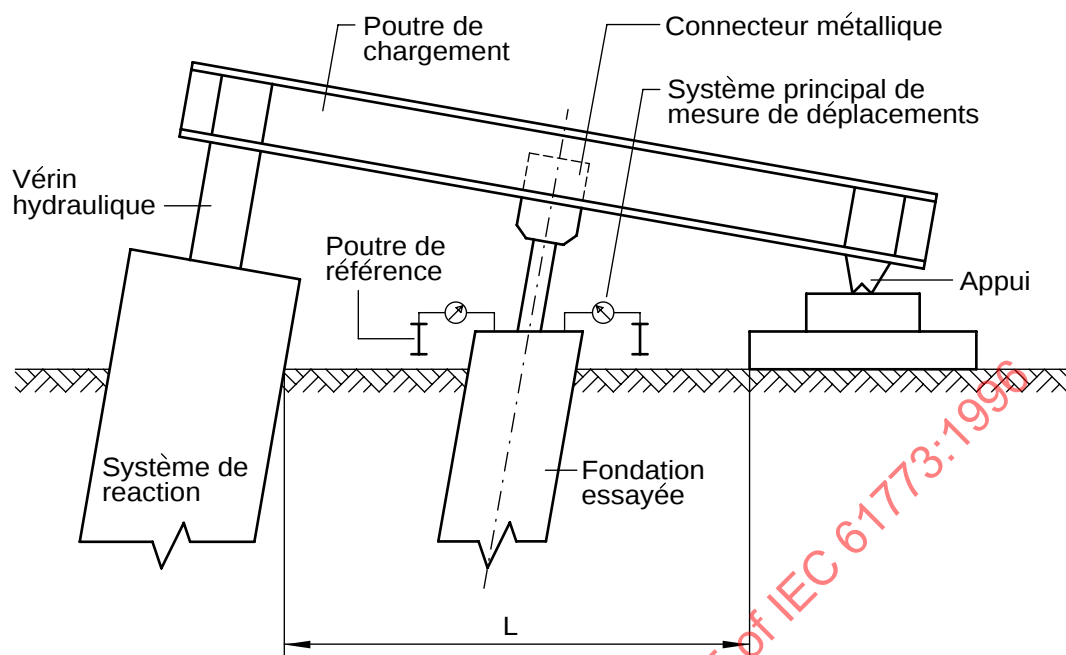
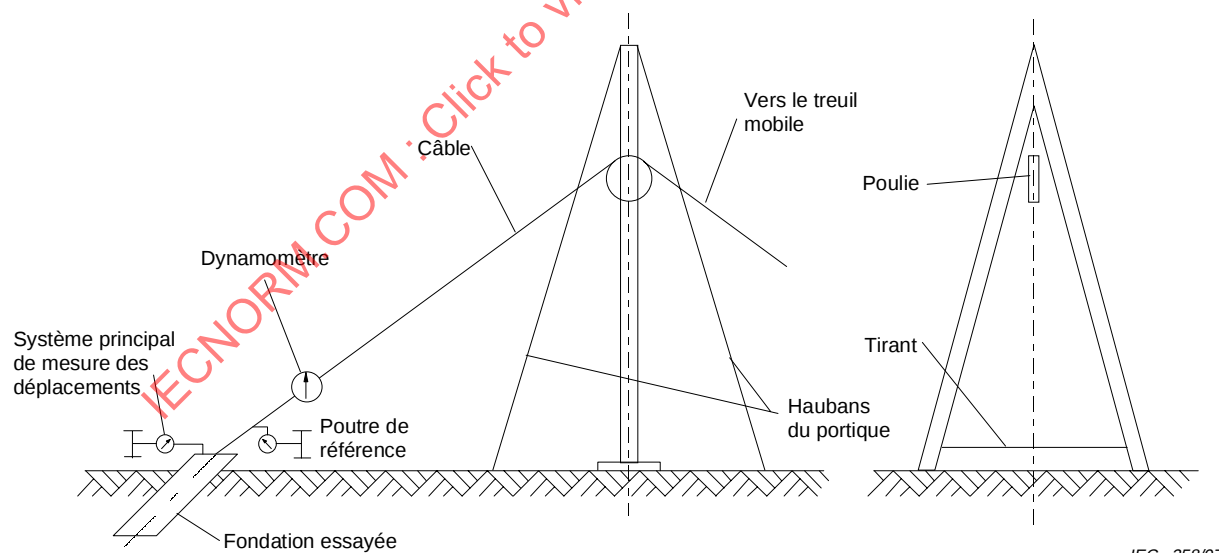


Figure 4 – Application de la charge par vérin hydraulique et poutre pivot



IEC 258/97

Figure 5 – Application de la charge par portique de traction

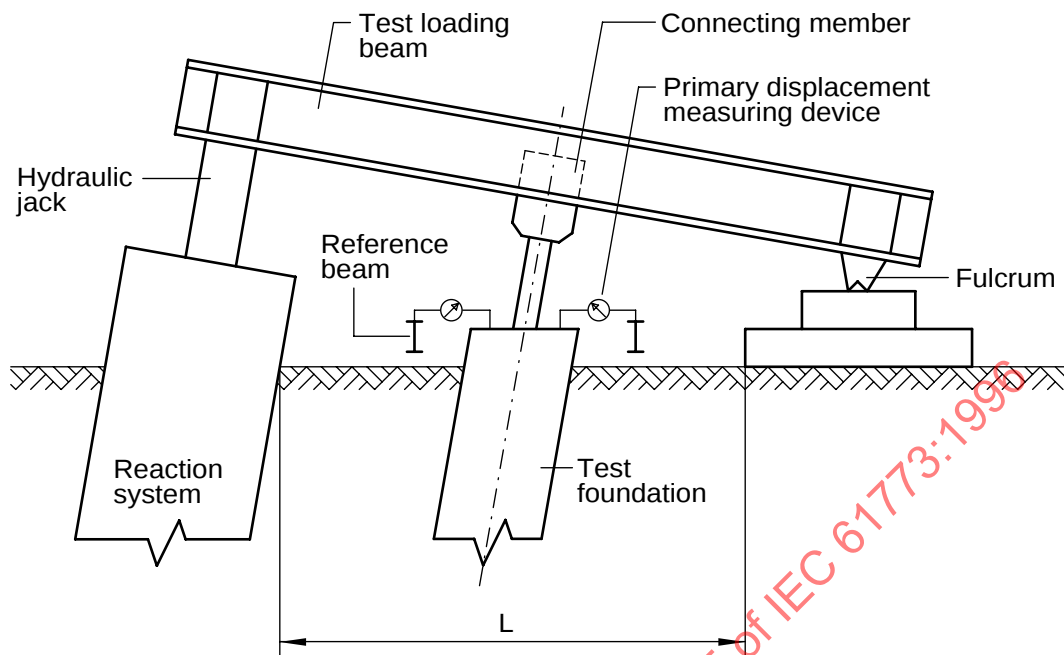


Figure 4 – Load application by means of hydraulic jack and fulcrum beam

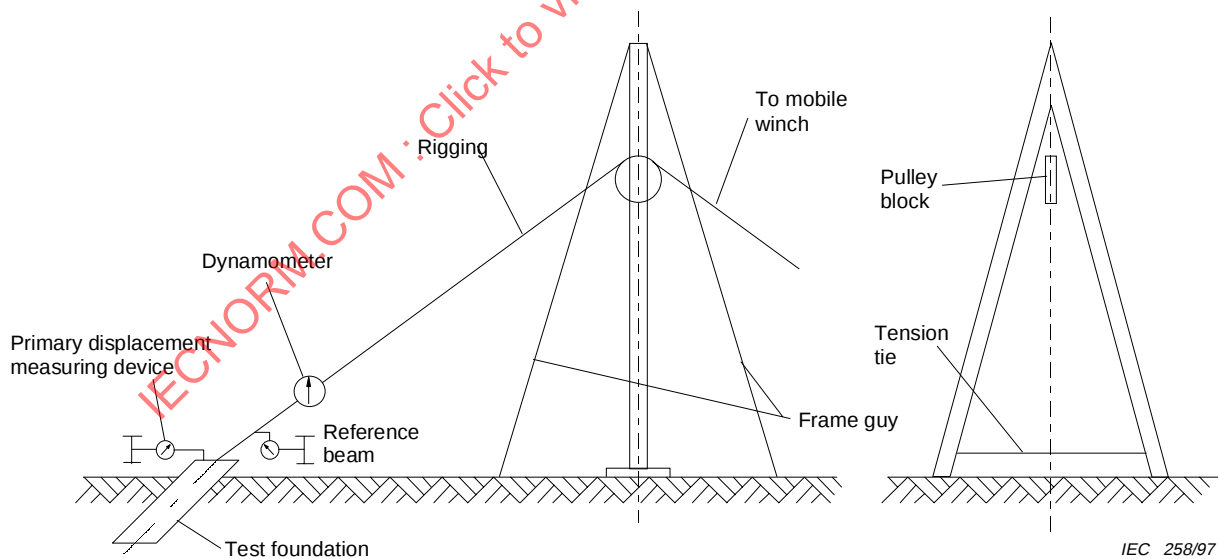


Figure 5 – Load application by means of a frame tensioner system

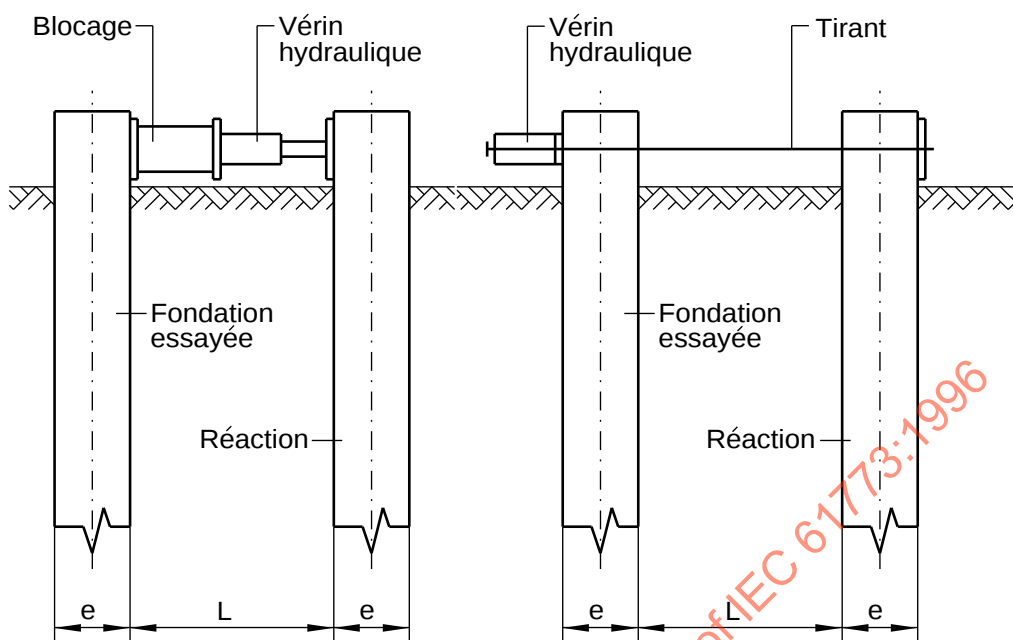


Figure 6a – Fondation d'appui repoussement mutuel

Figure 6b – Fondation d'appui rapprochement mutuel

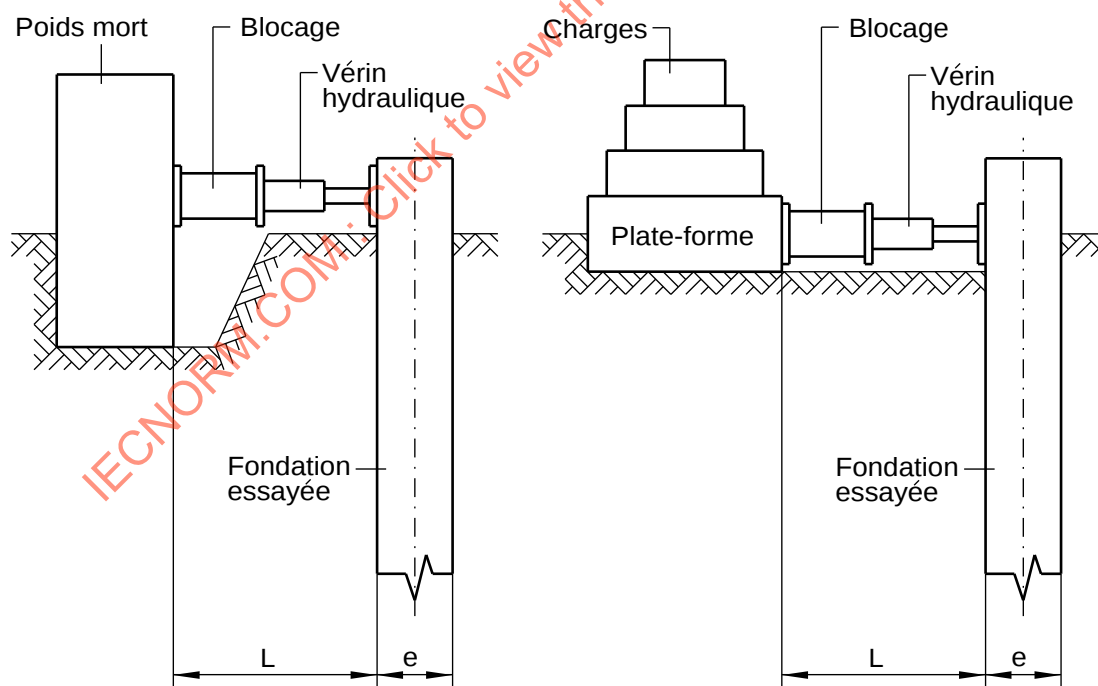


Figure 6c – Poids mort

Figure 6d – Plate-forme chargée

Figure 6 – Dispositifs d'essai sous charge latérale, utilisant un vérin hydraulique conventionnel

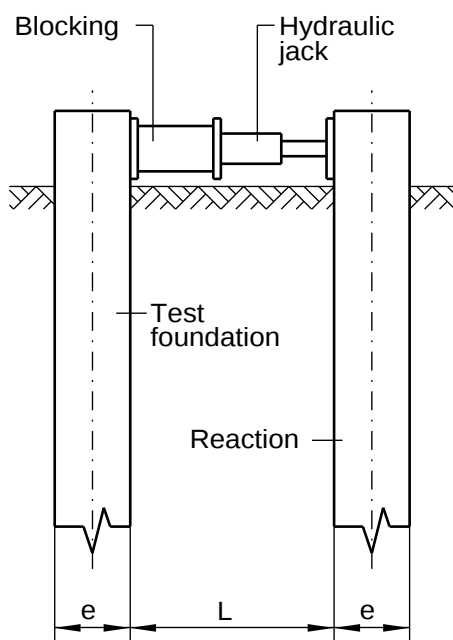


Figure 6a – Reaction foundation, pushing apart

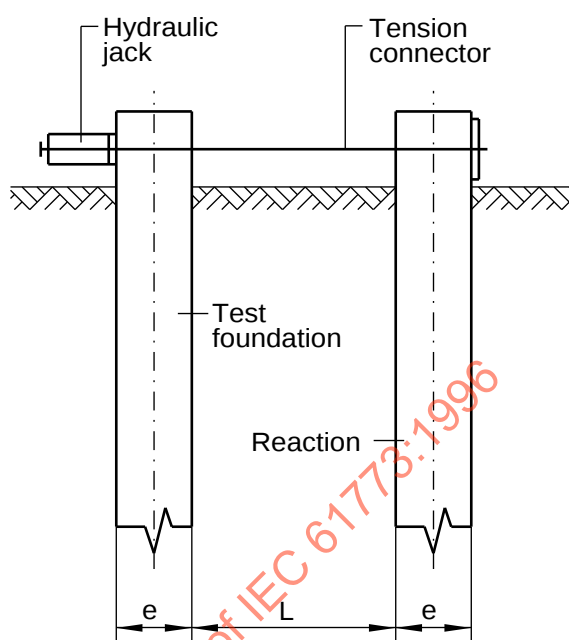


Figure 6b – Reaction foundation, pulling together

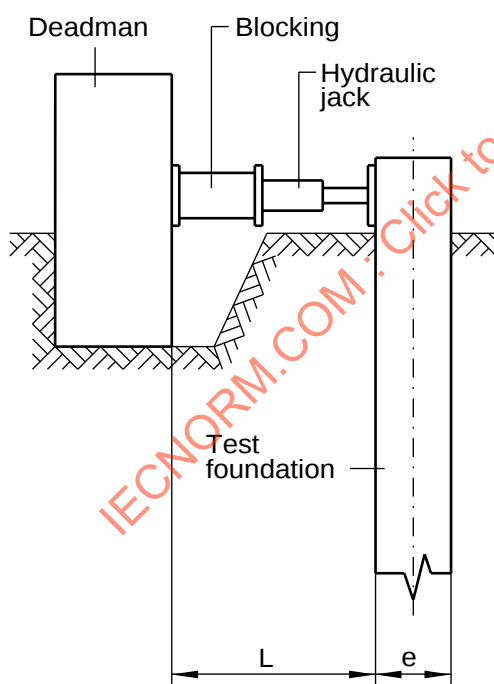


Figure 6c – Deadman

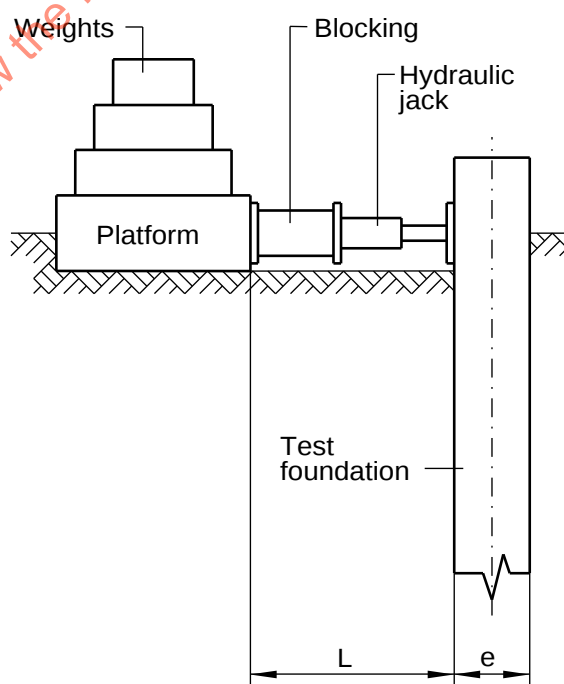


Figure 6d – Weighted platform

Figure 6 – Lateral load test setups using conventional hydraulic jack

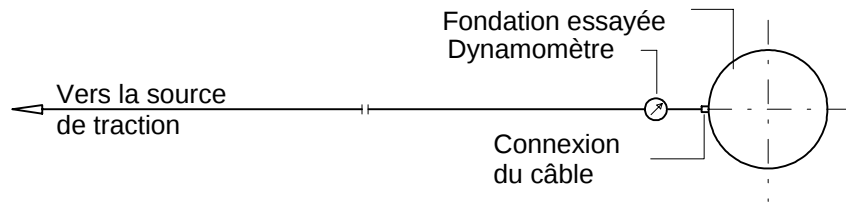


Figure 7a

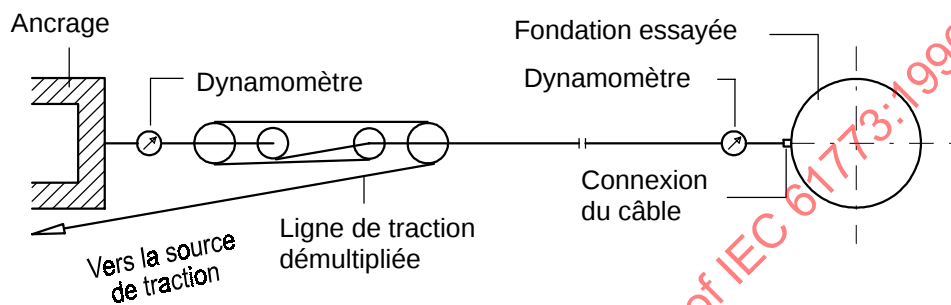


Figure 7b

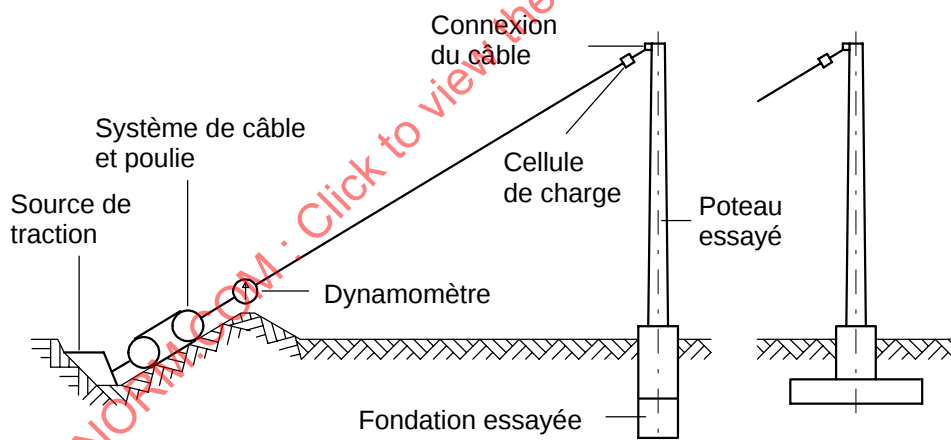


Figure 7c

Figure 7 – Dispositifs d'essai sous charge/moment latéral utilisant des systèmes par câble et treuil

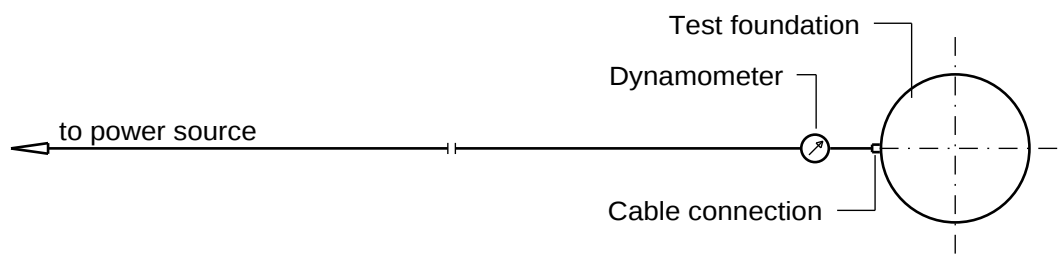


Figure 7a – Single line arrangement

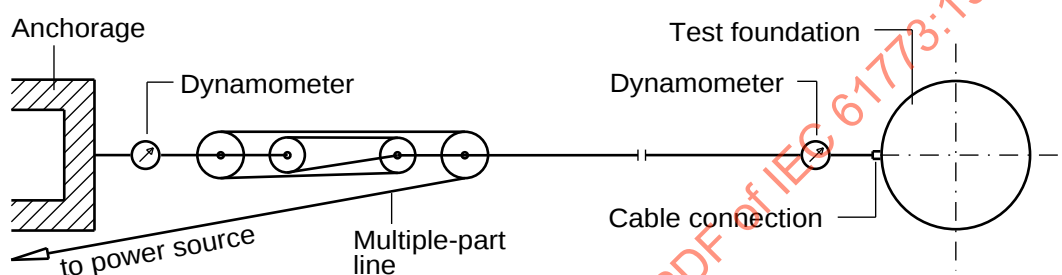
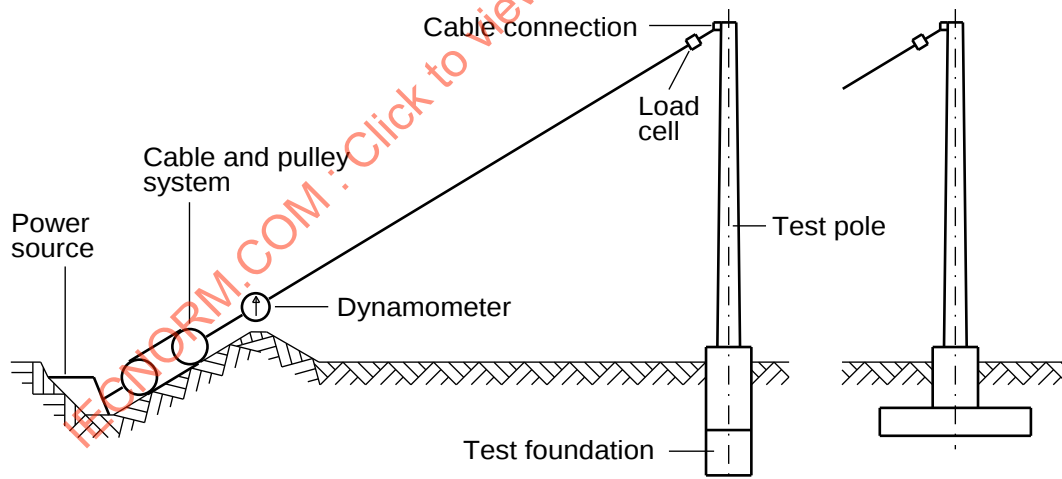


Figure 7b – Multiple-part line arrangement



NOTE – The winches should be arranged so that the vertical load during testing will be approximately equal to the vertical design load.

Figure 7c – Typical application of overturning load

Figure 7 – Lateral moment load test setups using cable and winch arrangements

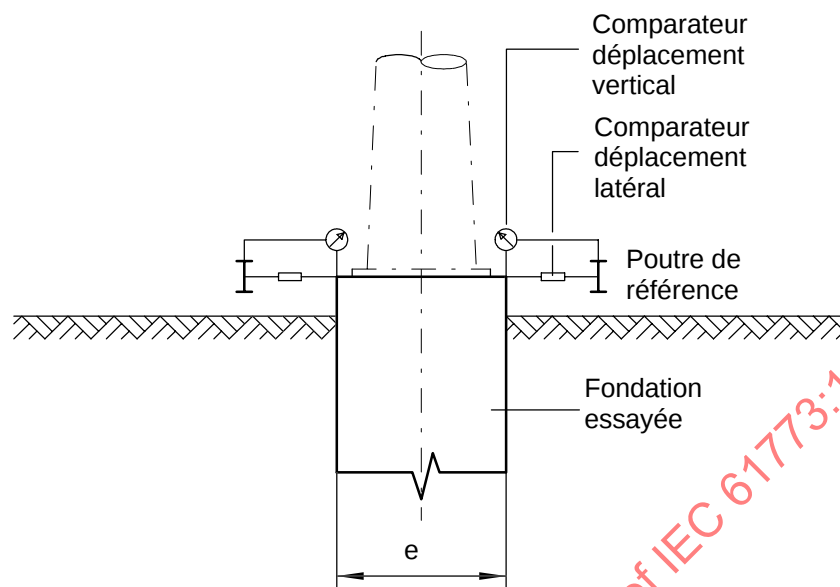


Figure 8a

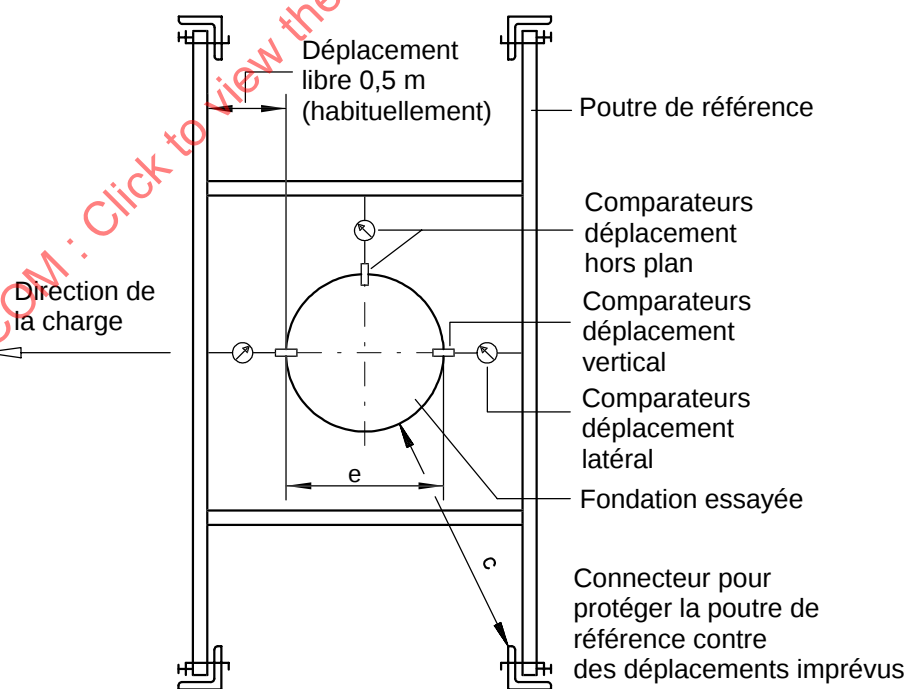


Figure 8b

Figure 8 – Elévation et vue en plan d'un dispositif type d'appareillage de surface

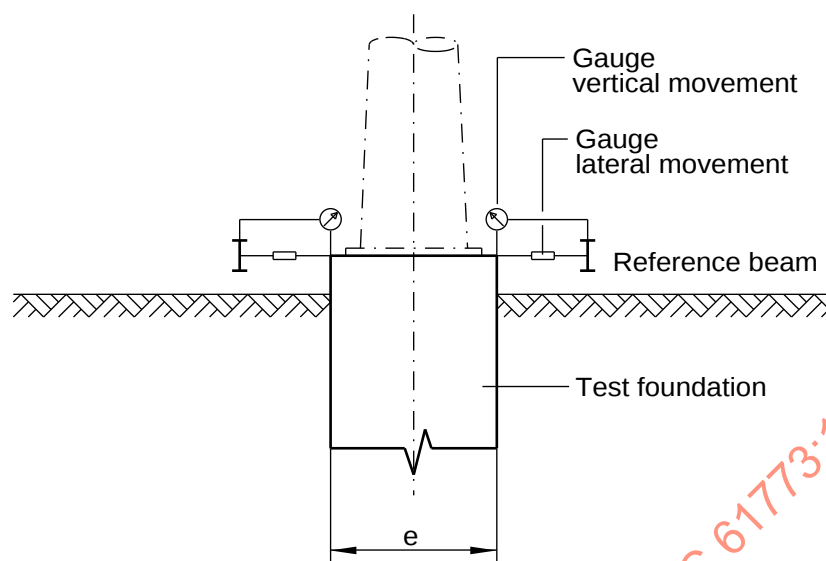


Figure 8a - Elevation

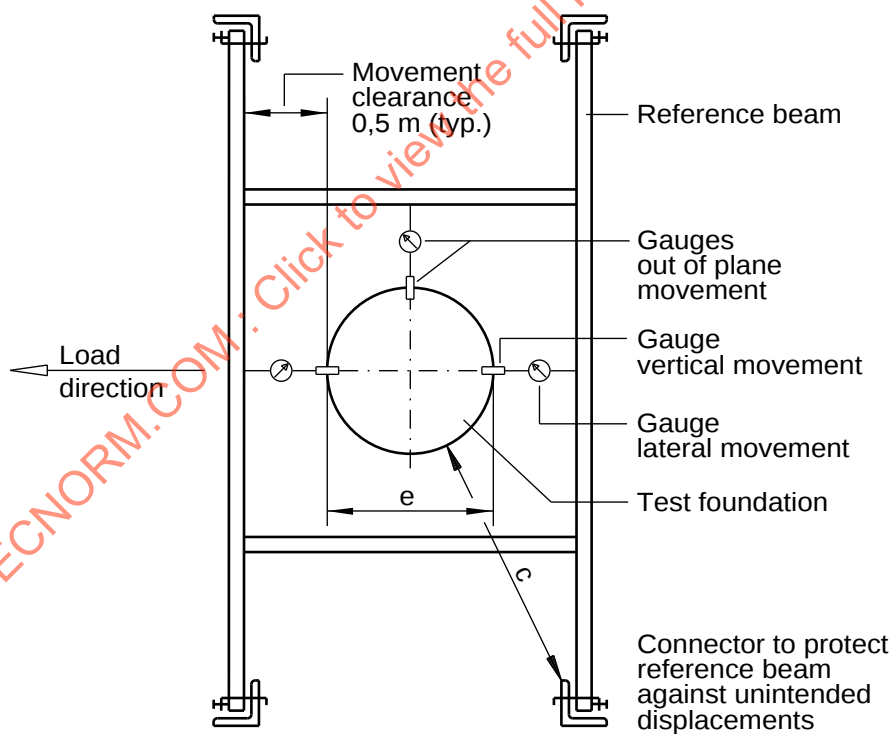


Figure 8b - Plan layout

Figure 8 - Elevation and plan layout of typical arrangement of surface instrumentation

8 Procédure d'essai

8.1 Nombre d'essais

Le nombre d'essais à entreprendre dépendra des facteurs suivants:

- de la nature de l'essai, à savoir essai de conception ou essai de routine;
- des variations significatives des paramètres géotechniques le long du tracé de la ligne;
- de la méthode d'analyse proposée pour les résultats d'essais

8.1.1 Essais de conception

Dans la mesure du possible il convient d'utiliser des techniques statistiques pour évaluer les résultats des essais de conception, particulièrement si la résistance caractéristique de la fondation est requise (voir CEI 826). De cette façon, les résultats d'au moins trois essais de fondation identiques, dans des conditions de sols similaires, selon le même régime de charges, peuvent être analysés de façon satisfaisante suivant la loi de distribution en T de Student.

Il convient donc d'inclure au moins trois fondations identiques dans un programme d'essais de conception, bien qu'un nombre supérieur soit préférable.

8.1.2 Essai de routine – Fondations chargées suivant leur axe

Des essais de routine peuvent être prescrits sur les fondations, dont la capacité dépend principalement du frottement entre le sol et la fondation (par exemple puits en béton, pieux ou ancrages injectés), ou dépend de la cohésion et de l'angle de frottement du sol (par exemple fondations à dalle et cheminée à redans). Lorsque la résistance d'une fondation dépend principalement des poids du sol et de la fondation (par exemple fondation massive en béton), il n'est pas nécessaire d'inclure cette fondation dans un programme d'essais de routine.

Le nombre de fondations soumises à l'essai de routine dépendra du type de sol, de l'importance des essais de sol, de l'hétérogénéité du terrain, du type de fondation et de la fiabilité de la conception.

Quand les essais de routine sont jugés nécessaires, il est recommandé qu'au moins 5 % des fondations ou des éléments spécifiques concernés (par exemple les pieux) soient inclus dans le programme des essais de routine, en fonction de la taille de la population et du niveau de confiance. Il convient que le nombre d'essais prescrit soit ajusté en fonction des résultats des essais, en considérant les variations du terrain, les types et dimensions des fondations, ainsi que la qualité de la surveillance locale prévue pendant la réalisation.

8.1.3 Essais de routine – fondations chargées latéralement

Quand les essais de routine sont jugés nécessaires, il est recommandé qu'au moins 5 % des fondations réalisées soient incluses dans le programme d'essais de routine. Il convient que le nombre d'essais prescrit soit déterminé en fonction des résultats des essais et en considérant les variations du terrain, le type et les dimensions des fondations.

8.2 Essais de groupes de pieux

L'essai de l'ensemble de la fondation solidaire des pieux serait le moyen idéal pour établir la résistance de la fondation mais serait techniquement et économiquement prohibitif dans la plupart des cas. En alternative, les performances du système de pieux peuvent être estimées à partir d'essais sur des pieux individuels. La relation charge/déplacements observée pendant l'essai et l'interaction entre pieux doivent être pris en compte de manière adéquate pour évaluer les résultats et la résistance d'ensemble.

8 Test procedure

8.1 Number of tests

The number of tests to be undertaken will depend on the following factors:

- nature of test, such as design or proof;
- significant variations in geotechnical parameters along the transmission line route;
- proposed method of analytical review of the test results.

8.1.1 Design tests

Wherever possible, statistical techniques should be used to evaluate the results of design tests, especially if the characteristic strength of the foundation is required (see IEC 826). By this means, the results from at least three identical foundation tests in similar soil conditions, under the same test loading regime, can be satisfactorily analyzed using the Student's T-distribution.

Therefore, at least three identical foundations should be included in a design test programme, though a greater number would be preferable.

8.1.2 Proof tests – Axially loaded foundations

Proof tests may be required on foundations, the capacity of which depends mainly on friction between foundation and subsoil (for example concrete piers, piles or grouted anchors), or depends on friction angle and cohesion of soil (for example undercut pad and chimney foundations). When the capacity of a foundation depends predominantly on the weight of soil and of the foundation itself (for example concrete block foundations), this foundation does not need to be included in a proof test programme.

The number of foundations subjected to proof testing will depend on the soil type, the extent of soil investigations, the heterogeneity of subsoils, the type of foundation and the reliability of the design.

Where proof tests are considered necessary, it is recommended that at least 5 % of the relevant foundations or relevant individual elements, for example piles, depending on size of population and level of confidence, should be included in a proof test programme. Depending on the test results, the number of tests required should be adjusted by considering the variations of subsoil, the types and dimensions, of foundations, and the quality of the site supervision to be expected during installation.

8.1.3 Proof tests – Laterally loaded foundations

Where proof tests are considered necessary, it is recommended that at least 5 % of the constructed foundations should be included in the proof test programme. Depending on the test results, the number of tests required should be determined by considering the variation of the subsoil and the type and dimensions of foundations.

8.2 Testing of pile groups

Testing of foundations made up of a group of piles as a whole would be the ideal way of assessing the strength of the foundation, but would be technically and economically prohibitive in most cases. Alternatively, the performance of piling systems may be assessed by carrying out tests on individual piles. When evaluating the results to determine the overall capacity, the load displacement relation observed during testing, and the interaction of individual piles shall be duly considered.

8.3 Procédure de chargement

Le tableau 1 donne les exigences minimales pour une gamme de valeurs et de niveau de charges caractéristiques à appliquer pour les deux catégories d'essais. Un cycle de stabilisation préliminaire jusqu'à 10 % de la charge d'essais peut être nécessaire pour assurer que tous les équipements d'essais ont été stabilisés de façon adéquate.

Tableau 1 – Table de chargements

Catégorie d'essai	Condition d'essai	Incréments de charge, en % de la charge à atteindre selon la condition d'essai	Durée minimale du maintien des incréments de charge
Conception	Charge de calcul ou de rupture	25, 50, 70, 80, 90, 100, 0	10 min a)
Routine	Charge de routine maximale	50, 75, 90, 100, 0	3 min b)
Essais cycliques pour les fondations soumises à l'arrachement	En continu	20, 35, 0; 35, 50, 0; 50, 60, 0; 60, 70, 0; 70, 80, 0; 80, 90, 0; 90, 100, 0	3 min c)
NOTE – Pour les essais de conception conduits à la rupture, il est conseillé de réaliser des incréments de charge supplémentaires de 10 % au-delà de la charge de conception jusqu'à ce que la rupture se produise. Dans le cas des sols cohérents, il convient de maintenir pendant au moins 30 min les incréments de charge de 70 % et plus. a) Dans le cas d'essais de conception, le chargement peut être poursuivi jusqu'à ce que la rupture se produise, sous réserve de mesures suffisantes pour pallier les conséquences d'une rupture brutale d'un élément individuel. La charge maximale pendant l'essai peut être définie comme la charge de calcul ou la charge de rupture (voir articles 3 et 4.1). La charge de calcul doit être maintenue pendant un minimum de 30 min, pour s'assurer qu'aucun mouvement significatif n'a eu lieu. Les lectures des déplacements et des rotations de la fondation doivent être faites aux intervalles spécifiés en 8.4.1 g) 4), pour estimer la limite du comportement élastique de la fondation. Les étapes de chargements suivantes, jusqu'au point de rupture, peuvent être maintenues pendant 3 min seulement pour chaque incrément, sous réserve d'une vitesse de déplacement inférieure à 0,2 mm/min. b) Dans le cas des essais de routine, les charges maximales (de routine) seront basées sur un pourcentage convenu de la charge de calcul (par exemple 75 %, voir 4.2) et la durée d'application de chaque charge, sera fixée par le délai minimal nécessaire pour obtenir les lectures et pour assurer que les conditions de sol sont stabilisées. A la fin de l'essai de charge, après déchargement, les valeurs finales des flèches et/ou de rotations doivent être consignées. c) Des cycles de charge et de décharge peuvent être prescrits pour un essai de conception, pour déterminer les tassements permanents de la fondation essayée sous des niveaux de charge déterminés. Il est recommandé qu'au moins un chargement intermédiaire soit programmé pendant les phases de décharge et de reprise du chargement du cycle. Pour les cas spéciaux où du fluage peut se produire, il peut être jugé nécessaire, après chaque incrément de charge, de charger et décharger la fondation cinq fois avant que ne soit maintenue la charge pour une durée de 3 min à 10 min.			

8.3 Loading procedure

Table 1 gives minimum requirements for the typical range of values and rate of loading to be applied under both test categories. A preliminary stabilization cycle of up to 10 % of the test load may be required to ensure that all the test equipment has been adequately stabilized.

Table 1 – Loading schedule

Test category	Testing condition	Loading steps in % of target load according to test condition	Minimum time for maintaining loading steps
Design	Design or failure load	25, 50, 70, 80, 90, 100, 0	10 min a)
Proof	Maximum proof load	50, 75, 90, 100, 0	3 min b)
Cyclic tests for foundations in uplift	Permanent set	20, 35, 0; 35, 50, 0; 50, 60, 0; 60, 70, 0; 70, 80, 0; 80, 90, 0; 90, 100, 0.	3 min c)
NOTE – For design tests carried out to failure, further load increments of 10 % should be made beyond the design load until failure occurs. In the case of cohesive soils, loading steps of 70 % and above should be maintained for at least 30 min. a) In the case of design tests, loading may be continued until failure occurs, subject to satisfactory provisions for sudden failure before the maximum load has been attained. The maximum load during testing may be defined as the design load or the failure load (see clause 3 and 4.1). The design load shall be maintained for a minimum of 30 min, to ensure that no significant movement has occurred. Foundation displacement/rotation readings shall be taken at the intervals specified in 8.4.1 g) 4), to assess the yield limit of the foundation. The subsequent loading steps to the point of failure may be maintained only for 3 min per increment, subject to a rate of movement of less than 0,2 mm/min. b) In the case of proof tests, the maximum (proof) loads will be based on an agreed percentage of the design load, (for example 75 %, see 4.2), and the time that each load application is maintained will be governed by the minimum period necessary to obtain the readings and to ensure that soil conditions have stabilized. At the conclusion of the load test, after the load has been released, the final set of readings of deflection and/or rotation shall be recorded. c) Loading-unloading cycles may be required in a design test to determine the permanent set of the test foundation after it has experienced predetermined load levels. It is recommended that at least one intermediate load be scheduled during the unloading and during the reloading portions of the cycle. For special cases where creep may occur, it may be considered necessary, after each load increment, to load and unload the foundation five times before the load application is maintained for 3 min to 10 min.			

8.4 Enregistrement des essais

Chaque essai doit être enregistré. Une fiche type est rapportée en annexe D.

8.4.1 Essais de conception

Il convient que l'enregistrement d'un essai de conception contienne les informations suivantes:

- a) la carte topographique générale de l'emplacement des essais, identifiant clairement les principales caractéristiques géologiques, les forages, les emplacements de sondages, et la disposition de la fondation à essayer;
- b) la coupe du terrain et les paramètres géotechniques de calcul, incluant les détails de surface et le drainage souterrain (si significatifs), les affleurements rocheux éventuels, les effondrements et autres discontinuités géologiques;
- c) la vue en plan et en élévation des fondations à essayer, les systèmes d'appuis, les points de référence fixes pour les mesures des déplacements horizontaux et verticaux et les détails du système d'application des charges au point de contact avec la fondation. Il est recommandé que chaque jauge ou comparateur et chaque point d'application de charge portent un numéro de référence unique sur le plan;
- d) la vue en plan et en élévation du dispositif d'essais de la fondation donnant les dimensions et les directions des déplacements enregistrés au cours des essais;
- e) le degré de précision de chaque instrument de mesure, y compris les détails d'étalonnage, de certification, etc.;
- f) l'enregistrement complet des conditions ambiantes avec les variations de températures, le givre, le vent ou la neige (s'il y a lieu), la profondeur de la nappe phréatique et la présence de toute circulation routière importante ou autres matériels provoquant des vibrations;
- g) en fonction du type de matériel utilisé pour mesurer les charges appliquées et les flèches correspondantes, les données suivantes doivent être enregistrées pour chaque mesure de charge ou de flèche:
 - 1) l'heure du début et de fin de chaque application de charge, date incluse;
 - 2) charges appliquées mesurées par:
 - cellule de charge;
 - manomètre hydraulique;
 - 3) les lectures des déplacements mesurés par:
 - comparateurs;
 - niveau optique;
 - transformateur différentiel à variable linéaire (TDVL);
 - convertisseur déplacements – potentiel (CDP);
 - 4) les lectures des déplacements doivent être enregistrées aux intervalles de temps suivants:
 - au début du cycle de charge;
 - à intervalles de temps réguliers pendant l'application de la charge;
 - immédiatement avant la suppression de la charge;
 - au repos;

8.4 Test recording

Each test shall be recorded. A typical test recording form is given in annex D.

8.4.1 Design tests

The record of a design test should include the following information:

- a) general topographic map of test location, clearly identifying principal geological features, boreholes, test pits, and foundation test installation;
- b) soil profile and geotechnical design parameters, including details of surface and underground drainage (where significant), possible rock outcrops, sinkholes, or other geotechnical discontinuities;
- c) plan and elevation of test foundations, reaction systems, fixed reference points for measurement of horizontal and vertical displacements, and details of connection of test foundation to load application systems. The plan should give a unique reference number for each gauge or displacement monitor, as well as for each of the load application points;
- d) plan and elevation of test foundation arrangement, giving dimensions and directions of movements recorded during tests;
- e) degree of accuracy of each recording instrument, including details of calibration, certification, etc;
- f) complete record of environmental conditions, including ambient temperature variations, ice, wind or snow (if any), depth to water table and presence of any heavy traffic or other vibrating equipment;
- g) depending on the type of equipment used to measure the applied loads and the corresponding deflections, the following data shall be recorded for each load/deflection measurement:
 - 1) time at start and end of each load application, as well as the date;
 - 2) applied loads as measured by:
 - load cell;
 - hydraulic pressure gauge;
 - 3) displacement readings as measured by:
 - dial gauge;
 - optical level;
 - linear variable differential transformer (LVDT);
 - potential displacement transducer (PDT);
 - 4) displacement readings shall be recorded at the following intervals:
 - at start of load cycle;
 - at regular time intervals during load application;
 - immediately prior to removal of load;
 - under no-load conditions;

h) un formulaire type d'enregistrement des essais est donné en annexe D. En alternative, en utilisant TDVL, CDP, cellules de charge et contrôle électronique de la pression du vérin, le jeu complet des lectures peut être enregistré automatiquement par une installation de traitement des données ou sur un ordinateur personnel. L'utilisation d'équipements électroniques en atmosphère humide peut conduire à une rupture brutale de composants essentiels. Il convient qu'un système de sauvegarde approprié soit toujours disponible. Des fiches de données d'essai préimprimées, résistantes à l'humidité, sont recommandées pour les programmes d'essais standardisés;

i) pendant le déroulement de l'essai, les lectures des charges en fonction des déplacements doivent être portées sur un graphique pour s'assurer que toutes variations ou anomalies imprévues sont contrôlées avec attention. Pour les essais de conception, les graphiques des charges en fonction du temps et des déplacements en fonction du temps doivent également être établis;

j) pour les essais qui ont été conduits jusqu'à la rupture, il convient que le rapport d'essais inclue une brève description du mécanisme probable de la rupture.

8.4.2 Essais de routine

Pour les essais de routine, il est recommandé d'utiliser les points c), d), f), h), et j) de 8.4.1.

9 Evaluation de l'essai

9.1 Généralités

Les résultats d'essais pour chaque fondation doivent être évalués en fonction des conditions de sa réalisation. Avant tout essai, il est recommandé de calculer la capacité de charge de la fondation et, si possible, les déplacements et rotation, en s'appuyant sur les paramètres provenant des études géotechniques initiales. La résistance caractéristique de la fondation peut être déterminée en accord avec la CEI 826 (1.6.3.3 et tableaux 21 et 25).

Dans le cas des fondations composées d'éléments multiples, les effets de groupe doivent être pris en compte convenablement (voir 8.2).

9.2 Essais de conception

Il convient que les résultats d'un essai de conception soient évalués en fonction des paramètres de conception utilisés ou comparés avec des résultats d'essais similaires, dans différentes conditions de sols. S'il y a une divergence notable entre les résultats pratiques et théoriques, des essais complémentaires peuvent être nécessaires pour identifier la cause probable de la divergence, pour obtenir une corrélation satisfaisante entre les paramètres de sol et les résultats d'essai, et pour s'assurer que des caractéristiques de sol adéquates sont utilisées pour la conception finale, de façon à obtenir la résistance caractéristique nécessaire.

9.2.1 Capacité de charge d'une fondation à l'arrachement et à la compression

Les méthodes suivantes, décrites plus en détail en annexe E, peuvent être utilisées pour déterminer la capacité de charge d'une fondation à l'arrachement et à la compression, à partir des résultats des essais de conception conduits jusqu'à la rupture.

a) si la courbe charge/déplacement montre un point d'inflexion distinct entre les plages élastiques et plastiques, il convient que la capacité de charge de la fondation soit évaluée en utilisant la méthode de l'intersection des tangentes (voir figure E.1), ou la méthode log-log (voir figure E.2);

h) a typical test recording form is given in annex D. Alternatively, using LVDTs, PDTs, load cells and electronic control of the jack pressure, the entire set of readings may be recorded automatically on a data logging device or a personal computer. Using electronic equipment in wet weather may lead to sudden failure of key components. A suitable back-up system should always be available. Weather-proofed printed test data sheets are recommended for standardized test programmes;

i) during the execution of the test, the readings of load versus displacement shall be plotted on a graph to ensure that any unexpected variations or anomalies are checked carefully. For design tests, graphs of load versus time and displacement versus time shall also be produced;

j) for those tests which have been taken to failure, the test report should include a brief description of the probable mechanism of failure.

8.4.2 *Proof tests*

For proof tests, items c), d), f), h) and j) of 8.4.1 are recommended for use.

9 **Test evaluation**

9.1 *General*

The test results for each foundation shall be evaluated in relation to the as-constructed conditions. Prior to any testing, the foundation load capacity and, if possible, the related displacement/rotation should be calculated, based on the parameters derived from the initial geotechnical investigations. The characteristic strength of the foundation may be determined in accordance with IEC 826 (1.6.3.3 and tables 21 and 25).

In the case of foundations composed of multiple elements, due consideration shall be given to group effects (see 8.2).

9.2 *Design tests*

The results of a design test should be either evaluated against the design parameters used, or compared with the results of similar tests in different soil conditions. If there is a marked discrepancy between the theoretical and practical results, further tests may be required to identify the probable cause of the discrepancy, to achieve a satisfactory correlation between soil parameters and test results, and to ensure that an effective set of soil parameters is used for the final design to achieve the necessary characteristic strength.

9.2.1 *Uplift/compressive load capacity of foundation*

The following methods, which are outlined in greater detail in annex E, may be used to derive the uplift/compressive load capacity of a foundation from the results of design tests taken to failure:

a) if the load-displacement curve shows a distinctive turning point between the elastic and plastic ranges, the load capacity of the foundation should be evaluated by using the tangent-intersection method (see figure E.1) or log-log method (see figure E.2);

b) si la courbe charge/déplacement ne permet pas une conclusion claire sur la capacité de charge de la fondation, la capacité de charge peut être définie comme un pourcentage donné de la rupture ou de la charge d'essai, par exemple 90 % (voir figure E.4) ou par le modèle parabolique (voir figure E.3);

c) pour les fondations profondes, par exemple les pieux travaillant à la friction, la méthode hyperbolique (voir figure E.5) est proposée pour déterminer la capacité de charge de la fondation;

d) pour les fondations où le déplacement devient le facteur déterminant, par exemple les fondations en terrain cohérent, ou lorsque les fondations subissent des déplacements importants avant la rupture, comme les grilles métalliques, les fondations à dalle et cheminée sans redan ou les fondations coffrées, la méthode pente-tangente (voir figure E.6) est proposée pour déterminer la capacité de charge de la fondation. Le décalage limité à 4 mm en E.6, est basé sur des résultats d'essais et peut être modifié par une valeur validée par les résultats d'essais produits pendant les essais de conception.

9.2.2 Capacité d'une fondation sous charge latérale

Il n'y a pas de méthode générale disponible pour définir la capacité d'une fondation sous charge latérale. Ces charges admissibles sont fréquemment liées à un déplacement ou une rotation spécifique de la fondation, par exemple 1,5° de rotation pour les puits forés ou pour les pieux béton utilisés en fondations de poteaux (voir tableau 21 de la CEI 826).

9.3 Essais de routine

Les résultats des essais de routine peuvent être évalués sur des critères prédéterminés en fonction de la méthode d'essai et des exigences de conception ou, pour un site particulier, en suivant la CEI 826. On doit vérifier l'aptitude du dispositif à remplir sa fonction.

10 Critères d'acceptation

10.1 Généralités

Il est conseillé que les critères d'acceptation appropriés soient établis avant la réalisation des essais. Il convient que les valeurs des déplacements admissibles associées aux charges d'essai ou de conception appliquées, incluant toutes les pondérations de charge qui peuvent être appliquées, soient convenues pendant le calcul de conception de la fondation, sur la base des modèles de l'annexe E. Il convient que les normes applicables et les règlements nationaux applicables soient également pris en compte et suivis, selon les exigences requises.

10.2 Essais de conception

Les résultats d'un essai de conception doivent être jugés satisfaisants si les conditions suivantes ont été remplies:

- la charge de calcul spécifiée a été validée par l'essai;
- le déplacement associé reste dans les limites spécifiées qui sont compatibles avec la fonction de la structure.

Si les résultats de l'essai ne satisfont pas à ces exigences, la conception et/ou la procédure de construction, les essais de sol et l'essai de la fondation doivent être revus. En fonction des résultats de cette étude, il peut être décidé de revoir la conception de la fondation ou de répéter l'essai.

- b) if the load-displacement curve does not permit definite conclusions to be drawn on the load capacity of the foundation, the load capacity may be defined as a given percentage of the failure or test load, for example 90 % (see figure E.4), or by the parabolic model (see figure E.3);
- c) for deep foundations, for example friction piles, the hyperbolic method (see figure E.5) is proposed for the determination of foundation load capacity;
- d) for foundations where displacement becomes the ruling factor, for example in foundations in cohesive soils, or where foundations undergo large displacements before failure, such as steel grillage, or pad and chimney foundations without an undercut subface, or cast against formwork, the slope-tangent method (see figure E.6) is proposed for determining foundation load capacity. The 4 mm displacement limit suggested in E.6 is based upon testing experience, and may be modified if validated by test results gained during design tests.

9.2.2 *Lateral load capacity of foundation*

There are no general methods available for defining the lateral load capacity of a foundation. Often this load capacity is related to a specified limit of movement or rotation of the foundation, for example 1,5° of rotation for drilled shaft or concrete pier foundations for mono-pole structures (see table 21 of IEC 826).

9.3 *Proof tests*

Results of proof tests may be evaluated against predetermined criteria according to the test method and the requirements of the design or, for that particular site, in accordance with IEC 826. The installation shall be checked for its adequacy to fulfill its purpose.

10 **Acceptance criteria**

10.1 *General*

Suitable acceptance criteria should be established before the tests are made. Values of admissible displacements associated with applied design load or proof load, including any load factors that may apply, should be agreed upon during the design of the foundations, based on the proposals made in annex E. If applicable, national standards and regulations should also be considered and followed as mandated.

10.2 *Design tests*

The results of a design test shall be deemed satisfactory if the following conditions have been fulfilled:

- the specified design load has been validated by the test;
- the associated displacement remains within specified limits which are compatible with the function of the structure.

If the test results do not meet these requirements, the design and/or construction procedure, soil investigation and foundation testing shall be reviewed. Depending on the outcome of this review, it may be decided to redesign the foundation or to repeat the testing.

Si l'essai révèle une charge admissible pour la fondation largement supérieure à la charge spécifiée, en tenant compte de l'écart type sur le type de fondation, et que les déplacements demeurent dans la gamme des valeurs admissibles, un nouveau calcul ou un surclassement de la fondation peut être considéré.

10.3 Essais de routine

Les résultats d'un essai de routine doivent être jugés satisfaisants si la valeur du déplacement mesuré à la charge spécifiée est égale ou inférieure aux valeurs spécifiées. Ces limites dépendent de la capacité de la structure, qui doit être supportée par la fondation, à absorber les déplacements ou à s'y adapter.

Si le déplacement observé dépasse les limites spécifiées, ou si l'évaluation des résultats d'essais soulève des doutes sur la capacité de la fondation, les mesures suivantes doivent être prises:

- des essais complémentaires doivent être réalisés sur au moins deux fondations adjacentes (pour les pylônes à quatre pieds) pour permettre une évaluation statistique sur les résultats du premier essai, qui peut alors être utilisée pour déterminer si la fondation essayée est acceptable ou non;
- si les résultats des essais complémentaires confirment les premiers (c'est-à-dire que les fondations ne sont pas assez fiables), les fondations doivent être considérées comme non satisfaisantes;
- toutes les fondations jugées non satisfaisantes à l'issue de l'essai de routine doivent être renforcées ou leur conception revue en conséquence.

11 Rapport d'essais

Un rapport d'essais doit être préparé pour chaque programme d'essais réalisé. Il doit inclure:

- l'identification et la description du projet;
- les détails des fondations essayées;
- les conditions de sol en surface;
- la mise en oeuvre des fondations d'essai;
- le dispositif et la procédure d'essai;
- les enregistrements de l'essai, l'évaluation et les conclusions des résultats de l'essai.

If the testing reveals a load capacity of the foundation well in excess of the specified load, taking into account the standard deviation of the foundation type, while still within the allowable range of foundation movement, a re-design or up-rating of the foundation may be considered.

10.3 *Proof tests*

The results of a proof test shall be deemed satisfactory if the value of the measured displacement at the specified load is equal to or less than the limits specified. The limits depend on the ability of the structure, which is to be supported by this foundation, to absorb or to accommodate movements.

If the observed displacement exceeds these specified limits, or if the assessment of the test results raises doubts about the capacity of the foundation, the following measures shall be taken:

- additional tests shall be made on at least two adjacent foundations (for four-legged towers) to enable a statistical evaluation to be made of the results of the first test, which can then be used to determine the acceptability of the foundations tested;
- if the results of the additional tests confirm the previous ones (that is the foundations are not sufficiently reliable), the foundations shall be considered as unsatisfactory;
- all foundations deemed unsatisfactory as a result of the proof test shall be strengthened or re-designed accordingly.

11 **Test report**

A test report shall be prepared for each test programme conducted. It shall include:

- identification and description of the project;
- details of the foundations tested;
- subsurface conditions;
- construction of test foundations;
- testing arrangement and procedure;
- test records, evaluation and assessment of test results.

Annexe A (informative)

Bibliographie

- [1] CIGRE SC22-WG07 *Essais de fondations*, Brochure Technique, Ref. 81, GT22-07, 1994.
- [2] ISSMFE *Essai de pieux chargés suivant leur axe, Partie 1, Chargement statique, Procédure recommandée*, Projet numéro 3, 1983 (International Society of Soil Mechanics & Foundation Engineering). Disponible auprès du secrétaire général, ISSMFE, University Engineering Laboratory, Trumpington Road, Cambridge, UK.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61773:1996

Annex A (informative)

Bibliography

- [1] CIGRE SC22-WG07 *Foundation testing*, Technical Brochure, Ref. 81, WG22-07, 1994.

- [2] ISSMFE *Axial pile loading test, part 1, static loading, recommended procedure*, 3rd draft, 1983 (International Society of Soil Mechanics & Foundation Engineering). Available from General Secretary, ISSMFE, c/o University Engineering Laboratory, Trumpington Road, Cambridge, UK.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61773:1996

Annexe B **(informative)**

Essais de sol

B.1 Généralités

Les essais de sols sont en principe en dehors du domaine d'application de la présente norme. Cependant, il a été jugé nécessaire de présenter quelques critères généraux concernant les essais de sol aux emplacements d'essais. Pour plus de détails, il convient de se référer aux normes internationales ou nationales et/ou aux règles d'usage.

B.2 Importance des essais de sols

Le domaine et l'importance des essais de sol dépendront du but de l'essai et du type du matériau de surface rencontré. Le niveau d'investigation sera décidé par les parties concernées et dépendra du but de l'essai.

B.2.1 Essais de conception

Il est recommandé que le niveau d'investigation comprenne:

- pour les sols consistants: examen visuel, trou d'excavation, forage préliminaire, forage à la tarière (100 mm à 120 mm de diamètre), sonde manuelle en fond de fouille, essai au scissomètre, tube de Shelby ou échantillonneur à curettes, essai pressiométrique, essai de pénétration standard (SPT).
- pour les sols meubles: examen visuel, sonde manuelle en fond de fouille, essai de pénétration dynamique, essai pressiométrique, essai de pénétration standard (SPT).
- pour la roche: inspection visuelle, carottage, degré de fragmentation de la roche (RQD voir B.5).

B.2.2 Essais de routine

Il est recommandé que le niveau d'investigation comprenne:

- pour les sols consistants: examen visuel, forage préliminaire, forage à la tarière (100 mm à 120 mm de diamètre), trou d'excavation, sonde manuelle en fond de fouille, essai pressiométrique, essai de pénétration standard (SPT).
- pour les sols meubles: sonde manuelle en fond de fouille, essai de pénétration statique ou dynamique, essai pressiométrique, essai de pénétration standard (SPT), essai au scissomètre.
- pour la roche: examen visuel, forage *in situ* pour les essais d'assise.

Dans tous les cas, l'importance des essais de sols et de roches doit être suffisante pour déterminer les paramètres de calcul nécessaires à la conception de la fondation.

B.3 Critères déterminant les essais de sols

Les critères suivants doivent être appliqués à chaque programme d'essais pour assurer un niveau d'uniformité raisonnable à l'enregistrement des résultats d'essais.

Annex B (informative)

Soil investigations

B.1 General

Soil investigation is, in principle, beyond the scope of this standard. However, it is deemed appropriate to present some general criteria for soil investigation of test sites. For details, reference should be made to relevant international or national standards and/or to qualified codes of practice.

B.2 Extent of soil investigations

The scope and extent of soil investigations will depend on the purpose of the test and the type of subsurface material encountered. The level of investigation will be decided by the parties concerned and will depend on the purpose of the test.

B.2.1 Design tests

Recommended levels of soil investigation should include:

- in hard/dense soil: visual examination, open test pit, exploratory drilling, augering (100 mm to 120 mm diameter), hand probe at foundation base, vane shear test (VST), Shelby tube or split spoon samples, pressuremeter test (PMT), standard penetration test (SPT);
- in weak soil: visual examination, hand probe at foundation base, cone penetration test (CPT), PMT, SPT;
- in rock: visual inspection, core drilling, rock quality designation (RQD) (see B.5).

B.2.2 Proof tests

Recommended levels of soil investigation should include:

- in hard/dense soil: visual examination, exploratory drilling, augering (100 mm to 120 mm diameter) open test pit, hand probe at foundation base, PMT, SPT;
- in weak soil: visual examination, hand probe at foundation base, CPT (static or dynamic), PMT, SPT, VST;
- in rock: visual examination, *in situ* drilling for test footings.

In every case, the extent of soil and rock testing shall be sufficient to determine the design parameters necessary for foundation design.

B.3 Soil investigation criteria

The following criteria shall be applied to every test programme to ensure a reasonable degree of uniformity in the recording of test results:

a) les essais de sols doivent être réalisés à l'emplacement de la fondation essayée ou aussi près que possible de la fondation sans modifier les conditions de sol ou mettre en danger la qualité des aménagements mis en place pour l'essai;

b) les essais de sols doivent être coordonnés avec l'essai de la fondation pour assurer que les paramètres du sol et/ou de la roche, correspondent aux hypothèses utilisées pour la capacité et la réponse sous charge de la fondation d'essai;

c) la profondeur des sondages ne doit pas être inférieure à la profondeur de la fondation dans le cas d'essais à l'arrachement et doit être augmentée de façon adéquate en cas d'essais de compression.

Les profondeurs de sondage recommandées pour les essais de compression sont les plus importantes des valeurs suivantes:

- 1,1 fois la profondeur de fouille; ou
- la dimension horizontale maximale plus la profondeur de la fondation. Cependant, il n'est pas nécessaire que la profondeur de sondage soit supérieure à 3 m sous la base de la fondation;
- en présence de rocher, il convient de réaliser les carottages à une profondeur minimale de 3 m.

Pour les fondations chargées latéralement, la profondeur des sondages dépendra de la méthode de conception et doit être d'au moins un diamètre (ou la plus grande dimension horizontale de la fondation) sous la base de la fondation.

Aux emplacements de pylônes où des fondations sur pieux peuvent être envisagées, il est recommandé que la profondeur d'investigation soit déterminée avant de réaliser l'essai. La profondeur d'investigation peut être limitée à la profondeur maximale de pénétration du SPT;

d) le nombre d'essais de sol et de roche ainsi que la distance verticale entre les essais de sol, doivent être en adéquation avec le but de l'essai et la méthode de calcul. Il est recommandé de réaliser au moins deux essais par emplacement de sondage (forage), avec un intervalle de 1 m à 3 m, ou aux changements de strate, selon la nature du terrain;

e) la description du sol/roche peut être basée sur des échantillons remaniés;

f) les fluctuations des niveaux d'eau observés pendant l'essai doivent être consignées. Dans le cas des essais de conception, si le délai entre les sondages et l'essai de la fondation risque d'excéder une semaine, il convient d'installer un puits d'observation du niveau d'eau dans le sol (piézomètre à tube ouvert ou non);

g) toutes les données météorologiques pertinentes et les conditions de surface des sols (par exemple les écoulements) doivent être consignées.

Les points c), d), e) et g), doivent être en conformité avec les normes internationales ou nationales applicables, et/ou les règles d'usage, en l'absence d'autres dispositions convenues avant les essais.

B.4 Classification et résistance des sols

La classification et la résistance du sol peuvent être déduites à l'aide d'une ou plusieurs des méthodes suivantes:

- a) examen visuel de tous les types de sol, y compris tout échantillon remanié;
- b) corrélations empiriques entre les essais *in situ*, c'est-à-dire essai de pénétration standard (SPT), pénétromètre dynamique, scissomètre et pressiomètre;

- a) soil investigations shall be conducted at the test foundation location or as near as possible to the foundation itself without disturbing the soil conditions or jeopardizing the quality of the test installation;
- b) soil investigation shall be co-ordinated with the foundation test to ensure that soil and/or rock parameters are consistent with those assumed for the capacity and load response of the test foundation;
- c) the depth of the investigation shall not be less than the foundation depth in the case of uplift, and shall be adequately augmented in the case of compression.

Recommended investigation depths for compression tests are the greatest of:

- 1,1 times the footing depth; or
- maximum horizontal dimension plus depth of foundation. However, the depth of soil investigations need not be deeper than 3 m below the foundation base;
- for rock sites, cores should be sampled to a minimum depth of 3 m.

For laterally loaded foundations, the depth of the investigation will depend on the design method, and shall be at least one diameter (or largest foundation plan dimension) below the bottom of the foundation.

For tower sites where pile foundations might be expected, the depth of investigation should be determined prior to carrying out the test. The depth of investigation may be limited to the maximum depth of penetration by the SPT;

- d) the number of soil and rock tests and the intervals between tests shall be adequate for the purpose of the test and for the design methodology. Recommended values are not less than two per test hole, with an interval between tests of 1 m to 3 m, or at changes of strata, depending on the nature of the subsoil;
- e) the soil/rock descriptions may be based on disturbed samples;
- f) the range of water levels observed during the test shall be recorded. For design tests, if the time lapse between soil investigation and foundation testing is likely to exceed one week, a groundwater observation well (standpipe or piezometer) should be left installed;
- g) all relevant meteorological and ground surface conditions (for example surface drainage) shall be recorded.

Items c), d), e) and g) shall be in accordance with the applicable international or national standards and/or codes of practice unless otherwise agreed in advance of tests.

B.4 Soil classification and strength

Soil classification and strength may be derived from at least one or more of the following methods:

- a) visual examination of all types of soil, including any disturbed samples;
- b) empirical correlations from *in situ* tests, that is standard penetration tests (SPT), cone penetration tests (CPT), vane shear tests (VST), and pressuremeter tests (PMT);

c) essais de laboratoire sur échantillons remaniés:

Sols pulvérulents
analyse granulométrique
poids spécifiques
densité relative

Sols cohérents
analyse granulométrique
teneur en eau
degré de saturation
limites d'Atterberg

d) essais de laboratoire complémentaires sur échantillons non remaniés:

Sols pulvérulents
boîte de cisaillement direct
poids volumique en place

Sols cohérents
résistance à la compression simple
scissomètre de laboratoire
compression triaxiale
poids volumique en place

NOTE – Il est virtuellement impossible d'obtenir des échantillons réellement non remaniés quels que soient les sols.

Il est recommandé que les essais de laboratoire et les essais *in situ*, soient réalisés en conformité avec les normes internationales et nationales acceptées. Pour les essais de routine, les classifications de sol et les corrélations empiriques sur la résistance du sol, réalisées selon B.4 a) et b), peuvent être acceptables.

B.5 Sondages en rocher

En cas de sondages réalisés pour les ancrages en rocher ou sur des emplacements de fondation en rocher, il est recommandé que les données suivantes fassent partie des résultats d'essai.

- a) le type de roche prédominante, la dureté et la présence de failles visibles;
- b) l'étendue et la nature de toute altération;
- c) l'étendue et la distribution des écoulements dans les roches solubles, les ruisseaux souterrains et les pertes de boue de forage dues aux cavités;
- d) les discontinuités, par exemple les pendages de couches, clivages, failles et diaclases déterminés par forage et carottage, en plus des irrégularités de surface mentionnées en a) ou des cavités souterraines relevées en c) pour évaluer les capacités d'injection de la roche;
- e) les carottes rocheuses peuvent être utilisés pour les essais de résistance, en conformité avec les procédures normalisées.

Ces données peuvent être obtenues par carottage. En complément, il convient de noter le degré de fragmentation de la roche (RQD) aussi précisément que possible. Le RQD est défini dans l'annexe F. Les valeurs de RQD sont principalement utilisées dans un but de classification. Les valeurs de RQD peuvent dépendre du matériel de forage. Les caractéristiques de résistance et de déformation de la masse rocheuse peuvent être estimées par des essais *in situ* comme le pressiomètre de roche, la fracturation sous pression hydraulique, etc. Quelques techniques d'exploration géophysique, comme la réfraction sismique, peuvent également aider à caractériser la masse rocheuse à l'emplacement de l'essai.

c) laboratory tests on disturbed samples, such as:

Non-cohesive soil
particle size distribution
specific gravity
relative density

Cohesive soil
particle size distribution
moisture content
degree of saturation
Atterberg limits

d) additional laboratory tests on undisturbed samples:

Non-cohesive soil
direct shear box
bulk density

Cohesive soil
unconfined compressive strength
laboratory vane shear
triaxial compression
bulk density

NOTE – It is virtually impossible to obtain truly undisturbed samples of any soils.

Laboratory and *in situ* tests should be carried out in accordance with accepted international or national standards. For proof tests, soil classifications and empirical determination of strength according to a) and b) may be acceptable.

B.5 Investigation in rock

For investigations of rock anchor or rock foundation sites, it is recommended that the following data be included in the results:

- a) predominant rock type, hardness, and presence of any visible faults;
- b) extent and nature of any weathering;
- c) extent and distribution of solution channels in soluble rocks, underground streams, and loss of drilling mud due to voids;
- d) discontinuities, for example bedding planes, cleavages, faults and joints as determined by drilling and coring, in addition to any surface irregularities mentioned in a) or underground voids found in c), to assess the groutability of the rock;
- e) rock core samples may be used for strength tests, in accordance with standard procedures.

These data can be obtained by core-drilling. In addition, the rock quality designation (RQD) should be recorded as accurately as possible. RQD is defined in annex F. RQD values are used mainly for classification purposes. RQD values may depend on the drilling equipment. The strength and deformation characteristics of the rock mass may be estimated by *in situ* tests such as the borehole dilatometer, hydrofracture, etc. Also, some geophysical exploration techniques, such as seismic refraction, may help to characterize the rock mass at the test site.

Annexe C (informative)

Commentaires sur la distance libre entre appuis et fondation d'essai

C.1 Historique

Durant les essais de fondations, les efforts doivent être transmis à la fois au sol et à la fondation, ce qui conduit à des effets secondaires possibles sur les résultats de l'essai, particulièrement dans le cas des essais d'arrachement. L'appui au sol doit donc être disposé de façon que son effet sur les résultats de l'essai reste dans des limites acceptables. Pour éviter tous les effets importants, une distance libre importante serait souhaitable entre le spécimen d'essai et les réactions d'appui. Cependant, l'application de tels dispositifs d'essai pourrait se révéler impraticable et éventuellement d'un coût prohibitif. Les spécifications minimales données en 7.2 tendent donc à fournir une méthode simple et économique d'essai de fondation qui encourage les services publics et les entreprises à réaliser ce genre d'essais. Pendant ces essais, la résistance de la fondation à l'arrachement serait évaluée avec une précision suffisante pour les applications pratiques.

Le fait d'adopter une procédure raisonnable pour les essais de fondation peut aider à réduire les dimensions des fondations et leurs coûts d'installation, conduisant à des fondations plus économiques et à une augmentation de la fiabilité de la ligne.

Les stipulations de 7.2 sont alignées sur les propositions faites par le groupe de travail 7 de la GIGRE SC22 (voir [1]) et reflètent la pratique courante de certains pays ainsi que les normes en usage actuellement.

C.2 Fondations chargées suivant leur axe

Pour déterminer les distances libres entre les appuis pour les essais de fondations, des spécifications différentes sont en usage. Elles reflètent les différentes considérations théoriques liées à l'analyse des fondations soumises à l'arrachement. En principe, il convient que le choix d'une distance libre adéquate entre les appuis soit ajusté au modèle théorique de la réaction fondation/sol utilisée pour déterminer la résistance de la fondation à l'arrachement. Trois possibilités peuvent être considérées:

- a) La résistance à l'arrachement de la fondation est représentée par un tronc de cône de terre inversé, partant sous un angle donné du fond de la fondation. Ce modèle est très fréquemment utilisé pour déterminer la résistance à l'arrachement des fondations de béton en escaliers, des fondations dalle et cheminée ou des grilles métalliques. Des essais d'arrachements en vraie grandeur ont également montré que la forme de la rupture en surface est similaire à la forme de la fondation enterrée, bien que cette forme soit un peu agrandie. Dans ce cas, il est recommandé que l'appui soit disposé à l'extérieur de la surface définie par l'intersection des plans inclinés et de la surface du sol (voir figure C.1).
- b) La résistance de la fondation est représentée par un volume de sol, symétrique en rotation, avec une ligne incurvée indiquant la limite du sol contribuant à la capacité portante. Cette ligne incurvée débute sous un certain angle au fond de la fondation et se termine verticalement (plus ou moins) à la surface. Cette forme de réaction du sol à l'arrachement est particulière aux puits forés à tête élargie et aux conceptions similaires (voir figure C.2).
- c) La résistance à l'arrachement de la fondation est déterminée en limitant le frottement à l'interface sol/fondation. Pendant l'essai d'arrachement en vraie grandeur, la forme de rupture observée a été typiquement à proximité immédiate de la fondation (voir figure C3).

Annex C (informative)

Comments on clear horizontal distance between reaction supports and test foundation

C.1 Background

When testing foundations, the reaction forces are transmitted both to the soil and to the foundation, thus leading to possible side-effects on the results of the test, especially in the case of uplift tests. Therefore, the soil reaction shall be arranged in such a way that its effect on the test results is within acceptable limits. To avoid any major effects, a wide margin of clearance between the test specimen and the reaction forces is desirable. However, application of such testing devices could prove to be both impractical and perhaps prohibitively expensive. Therefore, the minimum specifications in 7.2 aim at providing a simple and economic method for foundation testing which would encourage public utility services and contractors to carry out such tests. During these tests, the capacity of the foundation in uplift would be assessed with sufficient accuracy for practical applications.

Adopting a reasonable programme for testing foundations can help reduce the dimensions of the foundations and the cost of installing them, thus resulting in more economic foundations and in an increase in the reliability of the line.

The stipulations given in 7.2 are in line with the proposals made by working group 07 of CIGRE SC22 (see [1]) and reflect current practice in some countries as well as current standards.

C.2 Axially loaded foundations

For the determination of clear distances between reaction supports for foundation tests, different stipulations are in effect, which reflect the different theoretical considerations behind the analyses of foundations in uplift. In principle, the choice of a suitable clear distance between the reaction supports should be adjusted to the theoretical model of the foundation/soil reaction which was used to determine the foundation capacity under uplift. Three possibilities may be considered:

- a) The uplift capacity of the foundation is represented by an inverted frustum of soil, starting with a given angle at the bottom of the foundation. This model is very often used to determine the uplift capacity of stepped concrete blocks, pad and chimney, or grillage foundations. Even full scale uplift load tests have shown that the failure pattern at the ground surface is similar to the shape of the buried foundation, though somewhat enlarged. In this case, the reaction support should be located outside the area defined by the intersection of the chosen plane of the frustum with the surface (see figure C.1).
- b) The foundation capacity is represented by a body of soil with rotational symmetry, and with a curved line to show the soil limit contributing to bearing capacity. This curved line starts with a certain angle at the bottom of the foundation and ends vertically (more or less) at the surface. This shape of soil reaction under uplift is typical of under-reamed drilled shafts and similar designs (see figure C.2).
- c) The uplift capacity of the foundation is determined by limiting friction on the soil/foundation interface. During full scale uplift testing, typically the observed failure pattern has been in close proximity to the foundation (see figure C.3). This applies especially to

Cela s'applique particulièrement aux structures longues et élancées, comme les pieux battus, les pieux en béton, les caissons, etc. Cependant, il y a des cas où des pieux courts ancrés dans des sols denses se sont rompus de telle façon que la forme de la rupture à la surface ressemblait à un cône tronqué et inversé. Dans le cas des pieux, une distance libre minimale d'au moins quelques largeurs du pieux est donc nécessaire.

Selon ces hypothèses, la formule donnée en 7.2.1 a) couvrira les alternatives a) et b) ci-dessus alors que la formule donnée en 7.2.1 b) se rapportera au point c). Ces formules correspondent en principe aux pratiques en vigueur dans différents pays tels que l'Allemagne, les Etats-Unis d'Amérique, etc.

Cette spécification est basée sur des considérations théoriques établies par le GT07 de la CIGRE SC22 qui a démontré qu'en utilisant ces distances, la résistance à l'arrachement sera augmentée d'un maximum de 3 % du fait du frottement additionnel créé par la contrainte de compression introduite par l'appui. Pour tenir compte de cette résistance additionnelle apparente à l'arrachement, la charge ultime admissible déterminée par l'essai d'arrachement de la fondation peut être réduite de 5 %. Quand des dispositifs adéquats sont disponibles, la distance libre entre les fondations à essayer et les appuis peut être augmentée.

C.3 Fondations chargées latéralement

Dans le cas de structures élancées chargées latéralement, comme les pieux en béton, les résultats théoriques et expérimentaux suggèrent que le sol est affecté de façon substantielle dans la limite de deux fois le diamètre de la face avant de la fondation et moins au-delà de ces distances. Cependant, pour les fondations chargées latéralement, l'influence mutuelle entre le spécimen d'essai et l'appui sera limitée si l'on adopte les dispositions montrées à la figure 6 a (mutuellement repoussés), 6 c (poids mort), 6 d (plate-forme chargée) ou figure 7 (câble et treuil). Une distance libre minimale conforme aux valeurs indiquées en 7.2.2 sera donc suffisante. C'est seulement dans le cas de la figure 6 b) (rapprochement mutuel) que se produira théoriquement un effet significatif. Pour cette disposition, la distance libre peut être augmentée de façon substantielle selon les recommandations de 7.2.2, sans augmentation significative du coût puisque les barres tendues ne sont pas limitées en longueur. Une distance libre d'au moins deux fois la valeur donnée en 7.2.2, est recommandée dans ce cas.

C.4 Poutre de référence

Les distances entre la fondation d'essai ou le système d'appui et les supports de la poutre de référence, stipulées en 7.3, sont basées sur des résultats d'essais. Elles conduisent à l'utilisation d'un composant relativement bon marché et l'augmentation des longueurs peut être amplement justifiée aux emplacements pour lesquels les conditions de sol sont moins stables. Ce problème ne se produit pas avec les essais de routine où des niveaux optiques et des gabarits éloignés sont utilisés.

long slender structures such as driven piles, concrete piers, caissons, etc. However, there are cases where short piles embedded in dense soils have failed in such a manner that the failure pattern at the ground surface resembled an inverted truncated cone. Thus a minimum clear distance is required that is at least a few times larger, in the case of piles, than the foundation width.

According to these assumptions, the formula in 7.2.1 a) will cover alternatives a) and b) above, while the formula in 7.2.1 b) will relate to c). The given formulae correspond in principle with the practice in different countries such as Germany, USA, etc.

This specification is based on theoretical considerations established by WG 07 of CIGRE SC22, which demonstrated that, by using these distances, the uplift capacity will be increased by a maximum of 3 % due to the additional friction created by the compressive stress in the soil under the reaction support. To allow for this apparent additional capacity in an uplift test, ultimate design capacity of the foundation in uplift as determined by the test may be reduced by 5 %. Where suitable devices are available, the clearance between the foundations under test and the abutments may be increased.

C.3 Laterally loaded foundations

In cases of laterally loaded slender structures, such as concrete piles, theoretical and experimental evidence suggests that the soil is substantially affected within two diameters from the face of the foundation, and less beyond this range. However, for laterally loaded foundations, the mutual influence between test specimen and reaction will be limited when adopting the arrangements shown in figures 6 a (pushing apart), 6 c (deadman), figure 6 d (weighted platform) or figure 7 (cable and winch). Therefore, minimum clearances as indicated in 7.2.2 will be quite sufficient. Only in the case of figure 6 b (pulling together) will a significant effect be expected theoretically. For such an arrangement, the clear distance can be increased substantially as recommended in 7.2.2 without a significant increase in cost, since the tension member is not limited in length. A clear distance of at least twice the value given in 7.2.2 is recommended for this case.

C.4 Reference beam

The distances between the test foundation or the reaction support and the supports of the reference beam stipulated in 7.3 are based on test experience. They result in a relatively inexpensive component, and increased distances may well be justified at sites where soil conditions are less stable. The problem does not occur with proof tests where optical levels and remote benchmarks are used.

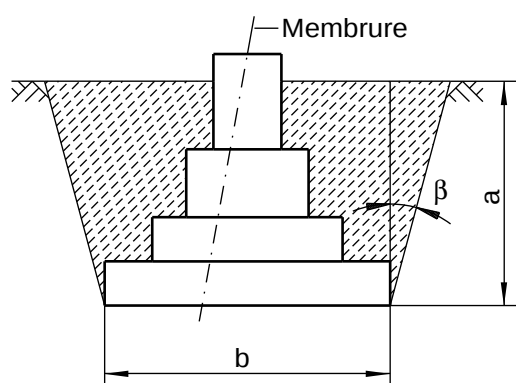


Figure C.1 –
Tronc de cône inversé
représentant la charge
admissible à l'arrachement

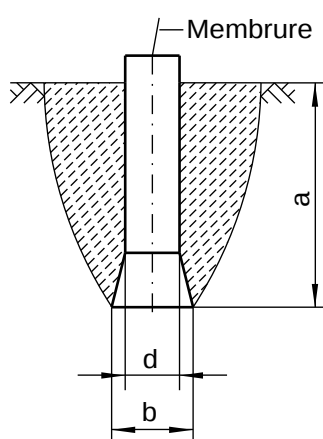


Figure C.2 –
Réaction au sol dans
le cas de puits forés à
tête élargie

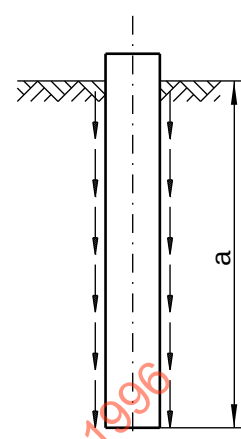
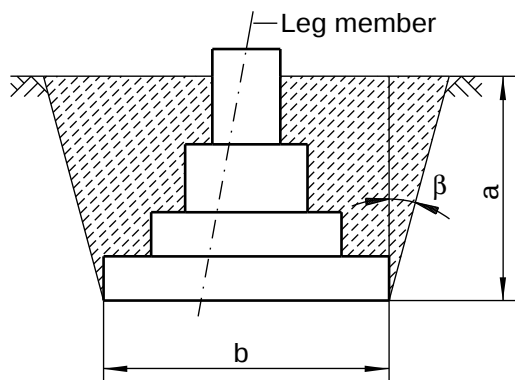
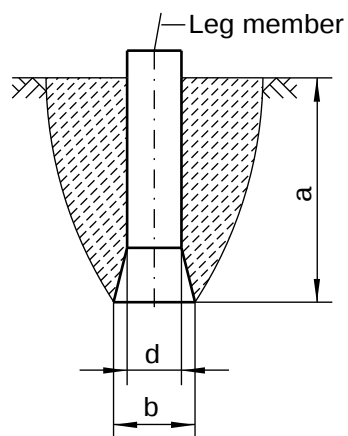


Figure C.3 –
Réaction des
structures
élancées

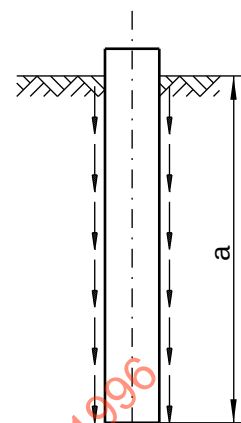
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61773:1996



**Figure C.1 –
Inverted frustum
representing uplift capacity**



**Figure C.2 –
Soil reaction
in case of under-reamed
shafts**



**Figure C.3 –
Reaction
of slender
structures**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61773:1996

Annexe D (informative)

Formulaires d'enregistrement pour la mise en oeuvre et l'essai de la fondation

Pour l'enregistrement de l'installation et de l'essai, les fiches suivantes sont recommandées:

D.1 Documentation de la mise en oeuvre

**Tableau D.1 – Fondations en béton à dalle et cheminée, grille métallique
ou ancrage enterré**

		Calculé	Construit
Profondeur de la fondation (moyenne)	m	_____	_____
Longueur de la fondation	m	_____	_____
Largeur de la fondation	m	_____	_____
Pente sur la verticale	%	_____	_____
Dimensions du redan (si utilisé)			
longueur	m	_____	_____
largeur	m	_____	_____
hauteur (au-dessus de la base)	m	_____	_____
Dimensions de la fouille (sans le redan)			
longueur	m	_____	_____
largeur	m	_____	_____
profondeur (moyenne)	m	_____	_____
Résistance du béton à 7 jours, cube/cylindre	N/mm ² (MPa)	_____	_____
à 28 jours, cube/cylindre	N/mm ² (MPa)	_____	_____
affaissement	mm	_____	_____
Volume de béton	m ³	_____	_____
Délais entre le malaxage et la mise en place	h	_____	_____
Nombre de gâchées	–	_____	_____
Température du béton	°C	_____	_____
Grilles métalliques			
surface nette	m ²	_____	_____
surface totale	m ²	_____	_____
masse	kg	_____	_____
Méthode de compactage du remblai			
Données			
masse volumique moyenne	kg/m ³	_____	_____
analyse granulométrique			
teneur en eau	%	_____	_____
Dates			
fouilles		_____	_____
bétonnage		_____	_____
compactage du remblai		_____	_____
Conditions météorologiques:			
température ambiante	°C	_____	_____
précipitations pluie	mm	_____	_____
neige	cm	_____	_____
vent	m/s	_____	_____
	(ou km/h)		
Lorsque cela est approprié, il est recommandé d'ajouter un croquis montrant les détails de la conception, comprenant les dimensions des éléments de la fondation réalisée ainsi que leurs positions par rapport au centre de la structure.			

Annex D (informative)

Formats for records of installation and testing

For installation and test records, the following formats are recommended:

D.1 Installation records

Table D.1 – Concrete pad and chimney, steel grillage or buried anchor

		Design	As-built
Depth of foundation (mean)	m	_____	_____
Length of base (foundation)	m	_____	_____
Width of base (foundation)	m	_____	_____
Inclination (rake) to vertical	%	_____	_____
Undercut dimensions (if used)			
length	m	_____	_____
width	m	_____	_____
height (above base)	m	_____	_____
Excavation dimensions (excluding undercut)			
length	m	_____	_____
width	m	_____	_____
depth (mean)	m	_____	_____
Concrete strength:			
7 day cube/cylinder	N/mm ² (MPa)	_____	_____
28 day cube/cylinder	N/mm ² (MPa)	_____	_____
concrete slump	mm	_____	_____
Concrete volume	m ³	_____	_____
Elapsed time from mixing to placing	h	_____	_____
Number of batches	-	_____	_____
Concrete temperature	°C	_____	_____
Steel grillages: net base area	m ²	_____	_____
gross base area	m ²	_____	_____
steel mass	kg	_____	_____
Backfill compaction method			
Data:			
average density or unit mass	kg/m ³	_____	_____
grain size analysis		_____	_____
moisture content	%	_____	_____
Dates:			
excavation		_____	_____
concrete placement		_____	_____
backfill compaction		_____	_____
Meteorological conditions:			
air temperature	°C	_____	_____
precipitation rain	mm	_____	_____
snow	cm	_____	_____
wind	m/s (or km/h)	_____	_____

Where applicable, a sketch showing details of the design including the as-built dimensions of the foundation and their positions in relation to the centre of the structure should be added.

Tableau D.2 – Puits en béton

		Calculé	Construit
Diamètre (moyen) du fût	m	_____	_____
Longueur totale enterrée	m	_____	_____
Diamètre de l'élargissement (moyen)	m	_____	_____
Hauteur de l'élargissement	m	_____	_____
Pente sur la verticale	%	_____	_____
Volume de béton	m ³	_____	_____
Résistance du béton	à 7 jours, cube/cylindre N/mm ² (MPa)	_____	_____
	à 28 jours, cube/cylindre N/mm ² (MPa)	_____	_____
	affaissement (du béton) mm	_____	_____
Détails sur le bétonnage			
Délais entre le malaxage et la mise en place	h	_____	_____
Nombre de gâchées		_____	_____
Adjuvants employés		_____	_____
Température du béton	°C	_____	_____
Profondeur forée	avec tubage provisoire m	_____	_____
	avec tubage permanent m	_____	_____
Forage sous boues	bentonite m	_____	_____
	autres (à préciser) m	_____	_____
Méthode d'excavation	(forage)	_____	_____
Densité de la boue	(forage)	_____	_____
Détails sur les boulons d'ancrage			
Dates	excavation	_____	_____
	bétonnage début	_____	_____
	fin	_____	_____
Conditions météorologiques:			
	température ambiante °C	_____	_____
	précipitations pluie mm	_____	_____
	neige cm	_____	_____
	vent m/s	_____	_____
		(ou km/h)	
Inclure les notes sur tous les problèmes rencontrés: effondrement des parois de forage, raccourcissement du pieu, alignement des parois de l'excavation, etc. Lorsque cela est approprié, il est recommandé d'ajouter un croquis montrant les détails de la conception, comprenant les dimensions des éléments de la fondation réalisée ainsi que leurs positions par rapport au centre de la structure.			

Table D.2 – Concrete pier foundation

		Design	As-built
Shaft diameter (mean)	m	_____	_____
Total embedded length	m	_____	_____
Under-ream diameter (mean)	m	_____	_____
Under-ream height	m	_____	_____
Inclination (rake) to vertical	%	_____	_____
Concrete volume	m ³	_____	_____
Concrete strength: 7 day cube/cylinder	N/mm ² (MPa)	_____	_____
28 day cube/cylinder	N/mm ² (MPa)	_____	_____
concrete slump	mm	_____	_____
Details of concrete placement:			
elapsed time from mixing to placing	h	_____	_____
number of batches		_____	_____
admixtures employed		_____	_____
concrete temperature	°C	_____	_____
Depth bored with temporary casing	m	_____	_____
with permanent casing	m	_____	_____
Drilled under muds bentonite	m	_____	_____
others (specify)	m	_____	_____
Excavation (drilling) method		_____	_____
Density of mud (for drilling)		_____	_____
Anchor bolt details		_____	_____
Dates excavation		_____	_____
concrete placement start		_____	_____
completion		_____	_____
Meteorological conditions:			
air temperature	°C	_____	_____
precipitation rain	mm	_____	_____
snow	cm	_____	_____
wind	m/s (or km/h)	_____	_____
Include notes on any problems encountered: such as sides caving, bottom heaving, alignment of excavation walls, etc. Where applicable, a sketch showing details of the design including the as-built dimensions of the foundation and their positions in relation to the centre of the structure should be added.			

Tableau D.3 – Fondations sur pieux

		Calculé	Construit
Types de réalisation:			
Battus	acier	_____	_____
	béton	_____	_____
	bois (espèces)	_____	_____
Foré	avec tubage temporaire	_____	_____
	avec tubage perdu (permanent)	_____	_____
Foré sous boues	bentonite	m	_____
	autres (préciser)	m	_____
	Autres méthodes	_____	_____
Diamètre du pieu circulaire (moyen)		m	_____
Pieu non circulaire surface linéique		m ²	_____
Section transversale		m ²	_____
Qualité d'acier (limite élastique)		N/mm ²	_____
Description des armatures			
Longueur totale enterrée		m	_____
Diamètre (moyen) de l'élargissement		m	_____
Hauteur de l'élargissement		m	_____
Pente sur la verticale		%	_____
Dimension de la tête (si nécessaire)			
longueur		m	_____
largeur		m	_____
profondeur		m	_____
Volume de béton		m ³	_____
Résistance du béton	à 7 jours, cube/cylindre	N/mm ² (MPa)	_____
	à 28 jours, cube/cylindre	N/mm ² (MPa)	_____
	affaissement du béton	mm	_____
Description du bétonnage			
Délais entre le malaxage et le bétonnage		h	_____
Adjuvants employés			
Température du béton		°C	_____
Dates	excavation	_____	_____
	bétonnage	début	_____
		fin	_____
Conditions météorologiques:			
température ambiante		°C	_____
précipitations	pluie	mm	_____
	neige	cm	_____
vent	m/s (km/h)	_____	_____
Pour les pieux battus, inclure les données sur la résistance au battage, par exemple relevé final (nombre de coups pour 25 mm d'enfoncement), % de déchargement, tout battage complémentaire, utilisation de préforage, injection, utilisation d'un guidage dynamique du pieu, etc. Lorsque cela est approprié, il est recommandé d'ajouter un croquis montrant les détails de la conception, comprenant les dimensions des éléments de la fondation réalisée ainsi que leurs positions par rapport au centre de la structure. Il est recommandé de consigner également les résultats des sondages (profil SPT) si disponibles.			

Table D.3 – Piled foundation

			Design	As-built
Types of installation:				
Driven	steel		_____	_____
	concrete		_____	_____
	wood (species)		_____	_____
Bored	with temporary casing		_____	_____
	with permanent casing		_____	_____
Drilled under muds	bentonite	m	_____	_____
	others (specify)	m	_____	_____
Other methods			_____	_____
Circular pile diameter (mean)		m	_____	_____
Non-circular pile surface area per m length		m ²	_____	_____
Cross-section area		m ²	_____	_____
Steel grade (yield strength)		N/mm ²	_____	_____
Reinforcement details			_____	_____
Total embedded length		m	_____	_____
Under-ream diameter (mean)		m	_____	_____
Under-ream height		m	_____	_____
Inclination (rake) to vertical		%	_____	_____
Cap dimensions (if any): length		m	_____	_____
width		m	_____	_____
depth		m	_____	_____
Concrete volume		m ³	_____	_____
Concrete strength:	7 day cube/cylinder	N/mm ² (MPa)	_____	_____
	28 day cube/cylinder	N/mm ² (MPa)	_____	_____
	concrete slump	mm	_____	_____
Details of concrete placement			_____	_____
elapsed time from mixing to placing		h	_____	_____
admixtures employed			_____	_____
concrete temperature		°C	_____	_____
Dates	excavation		_____	_____
	concrete placement start		_____	_____
	completion		_____	_____
Meteorological conditions:			_____	_____
air temperature		°C	_____	_____
precipitation	rain	mm	_____	_____
	snow	cm	_____	_____
wind		m/s (km/h)	_____	_____
For driven piles, include details of driving resistance, for example final set (number of blows to achieve 25 mm penetration), % rebound, any re-driving, use of pre-boring, jetting, use of dynamic pile monitoring, etc. Where applicable, a sketch showing details of the design including the as-built dimensions of the foundation and their positions in relation to the centre of the structure should be added. It should also include soil test results (SPT profile) if available.				

Tableau D4 – Ancrages forés ou battus

		Calculé	Construit
Types d'ancrage			
<i>Ancrage injecté</i>			
Diamètre du trou d'ancrage (moyen)	m	_____	_____
Longueur totale enterrée	m	_____	_____
Longueur scellée	m	_____	_____
Diamètre de l'acier d'ancrage	mm	_____	_____
Pente sur la verticale	%	_____	_____
Type de l'acier d'ancrage et qualité		_____	_____
Limite élastique	N/mm ²	_____	_____
Méthode de forage	N/mm ² (MPa)	_____	_____
Méthode d'injection, mortier d'injection etc.		_____	_____
Pression d'injection maximale (si appliquée)	N/mm ² (MPa)	_____	_____
Volume du mortier (approximatif)	m ³	_____	_____
Résistance du mortier à 7 jours, cube/cylindre	N/mm ² (MPa)	_____	_____
à 28 jours, cube/cylindre	N/mm ² (MPa)	_____	_____
Description de l'injection ¹⁾		_____	_____
Délais entre le malaxage et la mise en place		_____	_____
Adjuvants employés		_____	_____
Précontrainte appliquée	initiale kN	_____	_____
	finale kN	_____	_____
Dates	forage	_____	_____
	injection début	_____	_____
	fin	_____	_____
	précontrainte initiale	_____	_____
	finale	_____	_____
<i>Ancrage hélicoïdal</i>			
Longueur totale installée	m	_____	_____
Pas et diamètre des pales	m/mm	_____	_____
Nombre des pales		_____	_____
Couple de torsion maximal à la mise en place	kN·m	_____	_____
Conditions météorologiques:		_____	_____
	température ambiante °C	_____	_____
	température du sol °C	_____	_____
	précipitations pluie mm	_____	_____
	neige cm	_____	_____
	vent m/s	_____	_____
	(km/h)	_____	_____
¹⁾ Si des procédures d'injection à phases multiples sont utilisées, il est recommandé d'enregistrer la méthode de forage et la pression d'injection à chaque étape.			
Lorsque cela est approprié, il est recommandé d'ajouter un croquis montrant les détails de la conception, comprenant les dimensions des éléments de la fondation réalisée ainsi que leurs positions par rapport au centre de la structure.			

Table D.4 – Drilled or driven anchors

		Design	As-built
Type of anchor:			
<i>Grouted anchor</i>			
Anchor hole diameter (mean)	m	_____	_____
Total embedded length	m	_____	_____
Bonded length	m	_____	_____
Anchor rod diameter	mm	_____	_____
Inclination (rake) to vertical	%	_____	_____
Anchor rod type and quality	N/mm ²	_____	_____
Yield stress		_____	_____
Method of drilling			_____
Method of grouting, grout mix, etc.			_____
Maximum grout pressure (if applied)	N/mm ² (MPa)		_____
Grout volume (approximate)	m ³		_____
Grout strength: 7 day cube/cylinder	N/mm ² (MPa)		_____
28 day cube/cylinder	N/mm ² (MPa)		_____
Details of grouting ¹⁾			
elapsed time from mixing to placing			_____
admixtures employed			_____
pre-stress applied	initial	kN	_____
	final	kN	_____
Dates	drilling		_____
	grouting	start	_____
		completion	_____
	pre-stressing	initial	_____
		final	_____
<i>Helix anchor</i>			
Total installed depth	m		_____
Pitch and diameter of helices	m/mm		_____
Number of helices			_____
Maximum installation torque	kN.m		_____
Meteorological conditions:			
air temperature		°C	_____
soil temperature		°C	_____
precipitation	rain	mm	_____
	snow	cm	_____
wind		m/s (km/h)	_____
¹⁾ If multistage injection procedures are used, the drilling method and pressure at each injection stage should be recorded.			
Where applicable, a sketch showing details of the design including the as-built dimensions of the foundation and their positions in relation to the centre of the structure should be added.			