

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**61854**

Première édition  
First edition  
1998-09

---

---

**Lignes aériennes –  
Exigences et essais applicables aux entretoises**

**Overhead lines –  
Requirements and tests for spacers**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 61854:1998

## Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60 000.

## Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

## 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 dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI\***
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)\*
- **Bulletin de la CEI**  
Disponible à la fois au «site web» de la CEI\* et comme périodique imprimé

## Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60 050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60 027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60 617: *Symboles graphiques pour schémas*.

\* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

## Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60 000 series.

## Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

## 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 in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site\***
- **Catalogue of IEC publications**  
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)\*
- **IEC Bulletin**  
Available both at the IEC web site\* and as a printed periodical

## Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60 050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60 027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60 617: *Graphical symbols for diagrams*.

\* See web site address on title page.

NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD

CEI  
IEC

61854

Première édition  
First edition  
1998-09

---

---

**Lignes aériennes –  
Exigences et essais applicables aux entretoises**

**Overhead lines –  
Requirements and tests for spacers**

© IEC 1998 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.

International Electrotechnical Commission  
Telefax: +41 22 919 0300

e-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland  
IEC web site <http://www.iec.ch>



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 .....	8
2 Références normatives.....	8
3 Définitions.....	12
4 Exigences générales .....	12
4.1 Conception.....	12
4.2 Matériaux.....	14
4.2.1 Généralités .....	14
4.2.2 Matériaux non métalliques.....	14
4.3 Masse, dimensions et tolérances.....	14
4.4 Protection contre la corrosion.....	14
4.5 Aspect et finition de fabrication.....	14
4.6 Marquage.....	14
4.7 Consignes d'installation.....	14
5 Assurance de la qualité .....	16
6 Classification des essais .....	16
6.1 Essais de type.....	16
6.1.1 Généralités .....	16
6.1.2 Application .....	16
6.2 Essais sur échantillon .....	16
6.2.1 Généralités .....	16
6.2.2 Application .....	16
6.2.3 Echantillonnage et critères de réception .....	18
6.3 Essais individuels de série .....	18
6.3.1 Généralités .....	18
6.3.2 Application et critères de réception.....	18
6.4 Tableau des essais à effectuer.....	18
7 Méthodes d'essai .....	22
7.1 Contrôle visuel.....	22
7.2 Vérification des dimensions, des matériaux et de la masse.....	22
7.3 Essai de protection contre la corrosion .....	22
7.3.1 Composants revêtus par galvanisation à chaud (autres que les fils d'acier galvanisés toronnés) .....	22
7.3.2 Produits en fer protégés contre la corrosion par des méthodes autres que la galvanisation à chaud .....	24
7.3.3 Fils d'acier galvanisé toronnés.....	24
7.3.4 Corrosion causée par des composants non métalliques .....	24
7.4 Essais non destructifs .....	24

## CONTENTS

	Page
FOREWORD .....	7
Clause	
1 Scope .....	9
2 Normative references .....	9
3 Definitions .....	13
4 General requirements .....	13
4.1 Design .....	13
4.2 Materials .....	15
4.2.1 General .....	15
4.2.2 Non-metallic materials .....	15
4.3 Mass, dimensions and tolerances .....	15
4.4 Protection against corrosion .....	15
4.5 Manufacturing appearance and finish .....	15
4.6 Marking .....	15
4.7 Installation instructions .....	15
5 Quality assurance .....	17
6 Classification of tests .....	17
6.1 Type tests .....	17
6.1.1 General .....	17
6.1.2 Application .....	17
6.2 Sample tests .....	17
6.2.1 General .....	17
6.2.2 Application .....	17
6.2.3 Sampling and acceptance criteria .....	19
6.3 Routine tests .....	19
6.3.1 General .....	19
6.3.2 Application and acceptance criteria .....	19
6.4 Table of tests to be applied .....	19
7 Test methods .....	23
7.1 Visual examination .....	23
7.2 Verification of dimensions, materials and mass .....	23
7.3 Corrosion protection test .....	23
7.3.1 Hot dip galvanized components (other than stranded galvanized steel wires) .....	23
7.3.2 Ferrous components protected from corrosion by methods other than hot dip galvanizing .....	25
7.3.3 Stranded galvanized steel wires .....	25
7.3.4 Corrosion caused by non-metallic components .....	25
7.4 Non-destructive tests .....	25

Articles	Pages
7.5 Essais mécaniques .....	26
7.5.1 Essais de glissement des pinces .....	26
7.5.1.1 Essai de glissement longitudinal .....	26
7.5.1.2 Essai de glissement en torsion.....	28
7.5.2 Essai de boulon fusible.....	28
7.5.3 Essai de serrage des boulons de pince.....	30
7.5.4 Essais de courant de court-circuit simulé et essais de compression et de traction .....	30
7.5.4.1 Essai de courant de court-circuit simulé .....	30
7.5.4.2 Essai de compression et de traction.....	32
7.5.5 Caractérisation des propriétés élastiques et d'amortissement .....	32
7.5.6 Essais de flexibilité.....	38
7.5.7 Essais de fatigue.....	38
7.5.7.1 Généralités .....	38
7.5.7.2 Oscillation de sous-portée.....	40
7.5.7.3 Vibrations éoliennes .....	40
7.6 Essais de caractérisation des élastomères .....	42
7.6.1 Généralités .....	42
7.6.2 Essais.....	42
7.6.3 Essai de résistance à l'ozone .....	46
7.7 Essais électriques.....	46
7.7.1 Essais d'effet couronne et de tension de perturbations radioélectriques ..	46
7.7.2 Essai de résistance électrique .....	46
7.8 Vérification du comportement vibratoire du système faisceau/entretoise .....	48
 Annexe A (normative) Informations techniques minimales à convenir entre acheteur et fournisseur .....	 64
 Annexe B (informative) Forces de compression dans l'essai de courant de court-circuit simulé .....	 66
 Annexe C (informative) Caractérisation des propriétés élastiques et d'amortissement Méthode de détermination de la rigidité et de l'amortissement.....	 70
 Annexe D (informative) Contrôle du comportement vibratoire du système faisceau/entretoise .....	 74
 Bibliographie .....	 80
 Figures .....	 50
 Tableau 1 – Essais sur les entretoises .....	 20
 Tableau 2 – Essais sur les élastomères .....	 44

Clause	Page
7.5 Mechanical tests .....	27
7.5.1 Clamp slip tests.....	27
7.5.1.1 Longitudinal slip test .....	27
7.5.1.2 Torsional slip test .....	29
7.5.2 Breakaway bolt test .....	29
7.5.3 Clamp bolt tightening test .....	31
7.5.4 Simulated short-circuit current test and compression and tension tests ...	31
7.5.4.1 Simulated short-circuit current test.....	31
7.5.4.2 Compression and tension test .....	33
7.5.5 Characterisation of the elastic and damping properties .....	33
7.5.6 Flexibility tests .....	39
7.5.7 Fatigue tests .....	39
7.5.7.1 General .....	39
7.5.7.2 Subspan oscillation.....	41
7.5.7.3 Aeolian vibration .....	41
7.6 Tests to characterise elastomers.....	43
7.6.1 General.....	43
7.6.2 Tests.....	43
7.6.3 Ozone resistance test.....	47
7.7 Electrical tests .....	47
7.7.1 Corona and radio interference voltage (RIV) tests .....	47
7.7.2 Electrical resistance test.....	47
7.8 Verification of vibration behaviour of the bundle-spacer system .....	49
Annex A (normative) Minimum technical details to be agreed between purchaser and supplier .....	65
Annex B (informative) Compressive forces in the simulated short-circuit current test .....	67
Annex C (informative) Characterisation of the elastic and damping properties Stiffness-Damping Method.....	71
Annex D (informative) Verification of vibration behaviour of the bundle/spacer system.....	75
Bibliography .....	81
Figures.....	51
Table 1 – Tests on spacers .....	21
Table 2 – Tests on elastomers .....	45

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## LIGNES AÉRIENNES – EXIGENCES ET ESSAIS APPLICABLES AUX ENTRETOISES

### 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 61854 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
11/141/FDIS	11/143/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.

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

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

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

**OVERHEAD LINES –  
REQUIREMENTS AND TESTS FOR SPACERS**
**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 61854 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
11/141/FDIS	11/143/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.

Annex A forms an integral part of this standard.

Annexes B, C and D are for information only.

## LIGNES AÉRIENNES – EXIGENCES ET ESSAIS APPLICABLES AUX ENTRETOISES

### 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale s'applique aux entretoises destinées aux faisceaux de conducteurs de lignes aériennes. Elle recouvre les entretoises rigides, les entretoises flexibles et les entretoises amortissantes.

Elle ne s'applique pas aux espaceurs, aux écarteurs à anneaux et aux entretoises de mise à la terre.

NOTE – La présente norme est applicable aux pratiques de conception de lignes et aux entretoises les plus couramment utilisées au moment de sa rédaction. Il peut exister d'autres entretoises auxquelles les essais spécifiques décrits dans la présente norme ne s'appliquent pas.

Dans de nombreux cas, les procédures d'essai et les valeurs d'essai sont convenues entre l'acheteur et le fournisseur et sont énoncées dans le contrat d'approvisionnement. L'acheteur est le mieux à même d'évaluer les conditions de service prévues, qu'il convient d'utiliser comme base à la définition de la sévérité des essais.

La liste des informations techniques minimales à convenir entre acheteur et fournisseur est fournie en annexe A.

### 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 en vigueur.

CEI 60050(466):1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 466: Lignes aériennes*

CEI 61284:1997, *Lignes aériennes – Exigences et essais pour le matériel d'équipement*

CEI 60888:1987, *Fils en acier zingué pour conducteurs câblés*

ISO 34-1:1994, *Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique – Détermination de la résistance au déchirement – Partie 1: Eprouvettes pantalon, angulaire et croissant*

ISO 34-2:1996, *Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique – Détermination de la résistance au déchirement – Partie 2: Petites éprouvettes (éprouvettes de Delft)*

ISO 37:1994, *Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique – Détermination des caractéristiques de contrainte-déformation en traction*

## OVERHEAD LINES – REQUIREMENTS AND TESTS FOR SPACERS

### 1 Scope

This International Standard applies to spacers for conductor bundles of overhead lines. It covers rigid spacers, flexible spacers and spacer dampers.

It does not apply to interphase spacers, hoop spacers and bonding spacers.

NOTE – This standard is written to cover the line design practices and spacers most commonly used at the time of writing. There may be other spacers available for which the specific tests reported in this standard may not be applicable.

In many cases, test procedures and test values are left to agreement between purchaser and supplier and are stated in the procurement contract. The purchaser is best able to evaluate the intended service conditions, which should be the basis for establishing the test severity.

In annex A, the minimum technical details to be agreed between purchaser and supplier are listed.

### 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 of this standard, 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 60050(466):1990, *International Electrotechnical vocabulary (IEV) – Chapter 466: Overhead lines*

IEC 61284:1997, *Overhead lines – Requirements and tests for fittings*

IEC 60888:1987, *Zinc-coated steel wires for stranded conductors*

ISO 34-1:1994, *Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of tear strength – Part 1: Trouser, angle and crescent test pieces*

ISO 34-2:1996, *Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of tear strength – Part 2: Small (Delft) test pieces*

ISO 37:1994, *Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of tensile stress-strain properties*

ISO 188:1982, *Caoutchouc vulcanisé – Essais de résistance au vieillissement accéléré ou à la chaleur*

ISO 812:1991, *Caoutchouc vulcanisé – Détermination de la fragilité à basse température*

ISO 815:1991, *Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique – Détermination de la déformation rémanente après compression aux températures ambiantes, élevées ou basses*

ISO 868:1985, *Plastiques et ébonite – Détermination de la dureté par pénétration au moyen d'un duromètre (dureté Shore)*

ISO 1183:1987, *Plastiques – Méthodes pour déterminer la masse volumique et la densité relative des plastiques non alvéolaires*

ISO 1431-1:1989, *Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique – Résistance au craquelage par l'ozone – Partie 1: Essai sous allongement statique*

ISO 1461,— *Revêtements de galvanisation à chaud sur produits finis ferreux – Spécifications* <sup>1)</sup>

ISO 1817:1985, *Caoutchouc vulcanisé – Détermination de l'action des liquides*

ISO 2781:1988, *Caoutchouc vulcanisé – Détermination de la masse volumique*

ISO 2859-1:1989, *Règles d'échantillonnage pour les contrôles par attributs – Partie 1: Plans d'échantillonnage pour les contrôles lot par lot, indexés d'après le niveau de qualité acceptable (NQA)*

ISO 2859-2:1985, *Règles d'échantillonnage pour les contrôles par attributs – Partie 2: Plans d'échantillonnage pour les contrôles de lots isolés, indexés d'après la qualité limite (QL)*

ISO 2921:1982, *Caoutchouc vulcanisé – Détermination des caractéristiques à basse température – Méthode température-retrait (essai TR)*

ISO 3417:1991, *Caoutchouc – Détermination des caractéristiques de vulcanisation à l'aide du rhéomètre à disque oscillant*

ISO 3951:1989, *Règles et tables d'échantillonnage pour les contrôles par mesures des pourcentages de non conformes*

ISO 4649:1985, *Caoutchouc – Détermination de la résistance à l'abrasion à l'aide d'un dispositif à tambour tournant*

ISO 4662:1986, *Caoutchouc – Détermination de la résilience de rebondissement des vulcanisats*

---

1) A publier

ISO 188:1982, *Rubber, vulcanized – Accelerated ageing or heat-resistance tests*

ISO 812:1991, *Rubber, vulcanized – Determination of low temperature brittleness*

ISO 815:1991, *Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of compression set at ambient, elevated or low temperatures*

ISO 868:1985, *Plastics and ebonite – Determination of indentation hardness by means of a durometer (Shore hardness)*

ISO 1183:1987, *Plastics – Methods for determining the density and relative density of non-cellular plastics*

ISO 1431-1:1989, *Rubber, vulcanized or thermoplastic – Resistance to ozone cracking – Part 1: static strain test*

ISO 1461, — *Hot dip galvanized coatings on fabricated ferrous products – Specifications* <sup>1)</sup>

ISO 1817:1985, *Rubber, vulcanized – Determination of the effect of liquids*

ISO 2781:1988, *Rubber, vulcanized – Determination of density*

ISO 2859-1:1989, *Sampling procedures for inspection by attributes – Part 1: Sampling plans indexed by acceptable quality level (AQL) for lot-by-lot inspection*

ISO 2859-2:1985, *Sampling procedures for inspection by attributes – Part 2: Sampling plans indexed by limiting quality level (LQ) for isolated lot inspection*

ISO 2921:1982, *Rubber, vulcanized – Determination of low temperature characteristics – Temperature-retraction procedure (TR test)*

ISO 3417:1991, *Rubber – Measurement of vulcanization characteristics with the oscillating disc curemeter*

ISO 3951:1989, *Sampling procedures and charts for inspection by variables for percent nonconforming*

ISO 4649:1985, *Rubber – Determination of abrasion resistance using a rotating cylindrical drum device*

ISO 4662:1986, *Rubber – Determination of rebound resilience of vulcanizates*

---

<sup>1)</sup> To be published.

### 3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions du *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*, en particulier la CEI 60050(466), s'appliquent. Les définitions qui diffèrent ou qui ne se trouvent pas dans le VEI sont données ci-dessous.

#### 3.1

##### **entretoise rigide**

entretoise ne permettant aucun mouvement relatif des sous-conducteurs à l'emplacement de l'entretoise

#### 3.2

##### **entretoise flexible**

entretoise permettant des mouvements relatifs des sous-conducteurs à l'emplacement de l'entretoise

#### 3.3

##### **système d'entretoises**

complexe d'entretoises et distribution correspondante dans la portée

### 4 Exigences générales

#### 4.1 Conception

L'entretoise doit être conçue de manière à

- maintenir l'espacement entre sous-conducteurs (à l'emplacement des entretoises) dans les limites prescrites, dans toutes les conditions de service, à l'exclusion des courants de court-circuit;
- empêcher, dans les sous-portées entre entretoises, le contact physique entre sous-conducteurs, sauf lors du passage de courants de court-circuit où la possibilité de contact est acceptée à condition que l'espacement spécifié soit rétabli immédiatement après l'élimination du défaut;
- supporter les charges mécaniques imposées à l'entretoise pendant l'installation, la maintenance et le service (y compris les conditions de court-circuit) sans subir de défaillance de composants ou de déformation permanente inacceptable;
- éviter la détérioration du sous-conducteur dans les conditions de service spécifiées;
- être exempte de niveaux inacceptables d'effet couronne et de perturbations radioélectriques dans les conditions de service spécifiées;
- être adaptée à une installation facile et en toute sécurité. En ce qui concerne les pinces à boulons et à verrouillage, la conception doit être telle que toutes les pièces soient maintenues en place lorsque la pince est ouverte pour fixation au conducteur;
- assurer que les différents composants ne se desserrent pas en service;
- pouvoir être déposée et reposée sur les sous-conducteurs sans endommager l'entretoise ou les sous-conducteurs;
- assurer sa fonction sur la totalité de la plage de températures;
- éviter tout bruit audible.

NOTE – D'autres caractéristiques, qui sont souhaitables mais non indispensables aux fonctions élémentaires de l'entretoise, mais qui peuvent être intéressantes pour l'acheteur, sont les suivantes:

- vérification de l'installation correcte depuis le sol;
- facilité d'installation et de dépose sur lignes sous tension.

### 3 Definitions

For the purpose of this International Standard the definitions of the *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)* apply, in particular IEC 60050(466). Those which differ or do not appear in the IEV are given below.

#### 3.1

##### **rigid spacer**

spacer allowing no relative movement between the subconductors at the spacer location

#### 3.2

##### **flexible spacer**

spacer allowing relative movements between the subconductors at the spacer location

#### 3.3

##### **spacer system**

complex of spacers and the relevant in-span distribution

### 4 General requirements

#### 4.1 Design

The spacer shall be designed as to

- maintain subconductor spacing (at spacer locations), within any prescribed limits, under all conditions of service excluding short-circuit currents;
- prevent, in subspans between spacers, physical contact between subconductors, except during the passage of short circuit currents when the possibility of contact is accepted provided that the specified spacing is restored immediately following fault clearance;
- withstand mechanical loads imposed on the spacer during installation, maintenance and service (including short circuit conditions) without any component failure or unacceptable permanent deformation;
- avoid damage to the subconductor under specified service conditions;
- be free from unacceptable levels of corona and radio interference under specified service conditions;
- be suitable for safe and easy installation. For the bolted and latching clamp the design shall retain all parts when opened for attachment to the conductor;
- ensure that individual components will not become loose in service;
- be capable of being removed and re-installed on the subconductors without damage to the spacer or subconductors;
- maintain its function over the entire service temperature range;
- avoid audible noise.

NOTE – Other desirable characteristics, which are not essential to the basic functions of the spacer but which may be advantageous to the purchaser, include:

- verification of proper installation from the ground,
- ease of installation and removal from energized lines.

## **4.2 Matériaux**

### **4.2.1 Généralités**

Les entretoises doivent être faites de tous matériaux adaptés à l'usage. Sauf stipulation contraire, le matériau doit être conforme aux exigences de la CEI 61284.

### **4.2.2 Matériaux non métalliques**

Outre les exigences de la CEI 61284, la conductivité des divers composants non métalliques doit être telle que, lorsqu'ils sont correctement installés

- les différences de potentiel entre composants métalliques n'entraînent pas de détériorations dues aux décharges;
- le passage éventuel de courant entre sous-conducteurs ne dégrade pas les matériaux de l'entretoise.

### **4.3 Masse, dimensions et tolérances**

La masse et les dimensions importantes de l'entretoise, y compris les tolérances appropriées, doivent apparaître sur les plans contractuels.

NOTE – Il convient que les tolérances appliquées à la masse et aux dimensions assurent que les entretoises soient conformes à leurs exigences mécaniques et électriques spécifiées.

### **4.4 Protection contre la corrosion**

Outre les prescriptions applicables de la CEI 61284, les fils d'acier toronnés, le cas échéant, doivent être protégés contre la corrosion selon la CEI 60888.

### **4.5 Aspect et finition de fabrication**

Les entretoises doivent être exemptes de défauts et d'irrégularités. Leurs surfaces extérieures doivent être lisses et toutes les arêtes et coins doivent être arrondis.

### **4.6 Marquage**

Les exigences de la CEI 61284 applicables au marquage du matériel d'équipement doivent être appliquées à toutes les pinces équipées, y compris celles qui utilisent des boulons fusibles.

La position correcte du haut de l'entretoise (par exemple flèche pointant vers le haut) doit également être indiquée, si nécessaire.

### **4.7 Consignes d'installation**

Le fournisseur doit fournir une description claire et complète de la procédure d'installation et indiquer, si nécessaire, la répartition des entretoises dans la portée.

Le fournisseur doit fournir tout outil d'installation spécial éventuellement nécessaire.

## **4.2 Materials**

### **4.2.1 General**

Spacers shall be made of any materials suitable for their purpose. Unless additional requirements are stated, the material shall conform to the requirements of IEC 61284.

### **4.2.2 Non-metallic materials**

In addition to the requirements of IEC 61284, the conductivity of the various non-metallic components shall be such that when properly installed

- potential differences between metallic components do not cause damage due to discharge;
- any current flow between subconductors does not degrade spacer materials.

## **4.3 Mass, dimensions and tolerances**

Spacer mass and significant dimensions, including appropriate tolerances, shall be shown on contract drawings.

NOTE – Tolerances applied to the mass and to the dimensions should ensure that the spacers meet their specified mechanical and electrical requirements.

## **4.4 Protection against corrosion**

In addition to the applicable requirements of IEC 61284, stranded steel wires, if used, shall be protected against corrosion in accordance with IEC 60888.

## **4.5 Manufacturing appearance and finish**

The spacers shall be free of defects and irregularities; all outside surfaces shall be smooth and all edges and corners well-rounded.

## **4.6 Marking**

The fitting marking requirements of IEC 61284 shall be applied to all clamp assemblies including those using breakaway bolts.

Correct position of the top of the spacer (for example arrows pointing upward), if necessary, shall also be provided.

## **4.7 Installation instructions**

The supplier shall provide a clear and complete description of the installation procedure and, if required, the in-span location of the spacers.

The supplier shall make available any special installation tool that is required.

## 5 Assurance de la qualité

Un programme d'assurance de la qualité prenant en compte les exigences de la présente norme peut être utilisé d'un commun accord entre l'acheteur et le fournisseur afin de vérifier la qualité des entretoises pendant le processus de fabrication.

Les informations détaillées sur l'utilisation de l'assurance de la qualité sont données dans les normes ISO suivantes: l'ISO 9000-1 [1], l'ISO 9001 [2], l'ISO 9002 [3], l'ISO 9003 [4] et l'ISO 9004-1 [5]\*.

Il est recommandé d'assurer la maintenance et l'étalonnage des appareils de mesure utilisés pour vérifier la conformité à la présente norme, suivant une norme de qualité appropriée.

## 6 Classification des essais

### 6.1 Essais de type

#### 6.1.1 Généralités

Les essais de type ont pour objet d'établir les caractéristiques de conception. Ils sont en général effectués une fois et répétés uniquement en cas de changement de matériau ou d'évolution de la conception de l'entretoise. Les résultats des essais de type sont enregistrés pour justifier la conformité avec les exigences de conception.

#### 6.1.2 Application

Les entretoises doivent être soumises aux essais de type du tableau 1. Chaque essai de type doit être réalisé sur trois échantillons identiques, dans tous leurs aspects essentiels, aux entretoises à fournir dans le cadre du contrat à l'acheteur. Tous les échantillons doivent satisfaire aux essais.

Les entretoises utilisées pour les essais dont aucun composant n'est endommagé peuvent être utilisées dans les essais ultérieurs.

NOTE – L'échantillon soumis aux essais de type peut être soit une entretoise complète soit un composant de l'entretoise, selon ce qui est approprié.

### 6.2 Essais sur échantillon

#### 6.2.1 Généralités

Les essais sur échantillon sont nécessaires pour vérifier que les entretoises satisfont aux spécifications de performances des échantillons d'essai de type. Leur but est, d'autre part, de vérifier la qualité des matériaux et de l'exécution.

#### 6.2.2 Application

Les entretoises doivent être soumises aux essais sur échantillon du tableau 1.

Les échantillons à essayer doivent être choisis au hasard dans le lot présenté en réception. L'acheteur est habilité à procéder lui-même à ce choix.

---

\* Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie.

## 5 Quality assurance

A quality assurance programme taking into account the requirements of this standard can be used by agreement between the purchaser and the supplier to verify the quality of the spacers during the manufacturing process.

Detailed information on the use of quality assurance is given in the following ISO standards ISO 9000-1 [1]; ISO 9001 [2]; ISO 9002 [3]; ISO 9003 [4] and ISO 9004-1 [5]\*.

It is recommended that test equipment used to verify compliance to this standard is routinely maintained and calibrated in accordance with a relevant quality standard.

## 6 Classification of tests

### 6.1 Type tests

#### 6.1.1 General

Type tests are intended to establish design characteristics. They are normally made once and repeated only when the design or the material of the spacer is changed. The results of type tests are recorded as evidence of compliance with design requirements.

#### 6.1.2 Application

Spacers shall be subjected to type tests as per table 1. Each type test shall be performed on three samples which are identical, in all essential respects, with the spacers to be supplied under contract to the purchaser. All units shall pass the tests.

The spacers used for tests during which no damage occurs to the units or their components may be used in subsequent tests.

NOTE – The unit subjected to type tests can be either a complete spacer or a component of the spacer as appropriate to the test.

### 6.2 Sample tests

#### 6.2.1 General

Sample tests are required to verify that the spacers meet the performance specifications of the type test samples. In addition, they are intended to verify the quality of materials and workmanship.

#### 6.2.2 Application

Spacers shall be subjected to sample tests as per table 1.

The samples to be tested shall be selected at random from the lot offered for acceptance. The purchaser has the right to make the selection.

---

\* Figures in square brackets refer to the bibliography.

Les entretoises utilisées pour les essais dont aucun composant n'est endommagé peuvent être utilisées dans les essais ultérieurs.

NOTE – L'échantillon soumis aux essais de type peut être soit une entretoise complète soit un composant de l'entretoise, selon ce qui est approprié.

### **6.2.3 Echantillonnage et critères de réception**

Les procédures du plan d'échantillonnage selon l'ISO 2859-1, l'ISO 2859-2 (contrôles par attributs) et l'ISO 3951 (contrôles par variables) et les procédures détaillées (niveau de contrôle, NQA, échantillonnage simple, double ou multiple, etc.) doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur pour chacun des différents attributs ou des différentes variables.

NOTE – Le contrôle sur échantillon par variables est une procédure de réception par échantillonnage à utiliser en lieu et place du contrôle par attributs lorsqu'il est plus approprié de mesurer la ou les caractéristiques concernées sur une échelle continue. Dans le cas des essais de charge de rupture et autres essais similaires coûteux, le contrôle de réception sur échantillon par variables permet de mieux distinguer la qualité acceptable de la qualité objective que le contrôle de réception sur échantillon par attributs, pour la même taille d'échantillon.

L'objet du processus d'échantillonnage peut également être important pour le choix entre un plan par variables et un plan par attributs. Un client peut par exemple décider d'utiliser un plan d'échantillonnage de réception par attributs pour vérifier que les pièces d'un lot d'expédition sont dans les tolérances dimensionnelles prescrites; le fabricant peut mesurer les mêmes dimensions dans le cadre d'un plan d'échantillonnage par variables s'il craint que des tendances ou changements progressifs puissent affecter sa capacité à livrer des lots conformes au NQA.

## **6.3 Essais individuels de série**

### **6.3.1 Généralités**

L'objet des essais individuels de série est de démontrer la conformité des entretoises aux exigences spécifiques. Ils sont effectués sur toutes les entretoises. Les essais ne doivent pas détériorer les entretoises.

### **6.3.2 Application et critères de réception**

Des lots complets d'entretoises peuvent être soumis aux essais individuels de série. Toute entretoise non conforme aux exigences doit être rebutée.

## **6.4 Tableau des essais à effectuer**

Le tableau 1 indique les essais qui doivent être effectués. Ils sont marqués d'un «X» dans le tableau.

L'acheteur peut toutefois spécifier des essais supplémentaires contenus dans le tableau et marqués d'un «O».

Les équipements ou composants détériorés au cours des essais doivent être retirés de la livraison au client.

The spacers used for tests during which no damage occurs to the units or their components may be used in subsequent tests.

NOTE – The unit subjected to sample tests can be either a complete spacer or a component of the spacer as appropriate to the test.

### **6.2.3 Sampling and acceptance criteria**

The sampling plan procedures according to ISO 2859-1 and ISO 2859-2 (inspection by attributes) and ISO 3951 (inspection by variables) and the detailed procedures (inspection level, AQL, single, double or multiple sampling, etc.) shall be agreed between purchaser and supplier for each different attribute or variable.

NOTE – Sampling inspection by variables is an acceptance sampling procedure to be used in place of inspection by attributes when it is more appropriate to measure on some continuous scale the characteristic(s) under consideration. In the case of failure load tests and similar expensive tests, better discrimination between acceptable quality and objective quality is available with acceptance sampling by variables than by attributes for the same sample size.

The purpose of the sampling process may also be important in the choice between a variables or attributes plan. For example, a customer may choose to use an attributes acceptance sampling plan to assure that parts in a shipment lot are within a required dimensional tolerance; the manufacturer may make measurements under a variables sampling plan of the same dimensions because of concern with gradual trends or changes which may affect the ability to provide shipment lots which meet the AQL.

## **6.3 Routine tests**

### **6.3.1 General**

Routine tests are intended to prove conformance of spacers to specific requirements and are made on every spacer. The tests shall not damage the spacers.

### **6.3.2 Application and acceptance criteria**

Whole lots of spacers may be subjected to routine tests. Any spacer which does not conform to the requirements shall be discarded.

## **6.4 Table of tests to be applied**

Table 1 indicates the tests which shall be performed. These are marked with an "X" in the table.

However, the purchaser may specify additional tests which are included in the table and marked with an "O".

Units or components damaged during the tests shall be excluded from the delivery to the customer.

Tableau 1 – Essais sur les entretoises

Article	Essai	Entretoise amortissante			Entretoise flexible			Entretoise rigide		
		Essai de type	Essai sur échantillon	Essai systématique	Essai de type	Essai sur échantillon	Essai systématique	Essai de type	Essai sur échantillon	Essai systématique
7.1	<b>Contrôle visuel</b>	X	X	O	X	X	O	X	X	O
7.2	<b>Vérification des dimensions, des matériaux et de la masse</b>	X	X	O	X	X	O	X	X	O
7.3	<b>Essais de protection contre la corrosion</b>	X <sup>1)</sup>	X <sup>1)</sup>		X <sup>1)</sup>	X <sup>1)</sup>		X <sup>1)</sup>	X <sup>1)</sup>	
7.4	<b>Essais non destructifs</b>	O	O	O	O	O	O	O	O	O
7.5	<b>Essais mécaniques</b>									
7.5.1	– essais de glissement des pinces	X	O		X	O		X	O	
7.5.2	– essai du boulon à tête fusible	X	X		X	X		X	X	
7.5.3	– essai de serrage des boulons de pince	X	X		X	X		X	X	
7.5.4	– essai de courant de court-circuit simulé et essais de compression et de traction	X	O		X	O		X	O	
7.5.5	– caractérisation des propriétés élastiques et d'amortissement	X	O		O	O				
7.5.6	– essais de flexibilité	X	O		X	O				
7.5.7	– essais de fatigue	X			O					
7.6	<b>Essais de caractérisation des élastomères</b>	X	O		X <sup>1)</sup>	O <sup>1)</sup>				
7.7	<b>Essais électriques</b>									
7.7.1	– essais d'effet couronne et de tension de perturbations radioélectriques (TPR)	X			X			X		
7.7.2	– essai de résistance électrique	X	O		X <sup>1)</sup>	O <sup>1)</sup>		O <sup>1)</sup>		
7.8	<b>Vérification du comportement vibratoire du système faisceau/entretoise</b>									
D.2	– vibrations éoliennes	O			O <sup>2)</sup>					
D.3	– oscillations de sous-portée	O			O					
1) Le cas échéant										
2) Lorsque les entretoises sont utilisées en association avec des amortisseurs de vibrations										
NOTE – Il convient que le fournisseur précise dans le plan qualité de son offre, ou dans la documentation d'offre, quels essais sont déjà terminés (c'est-à-dire quels essais de type) et quels essais (sur échantillon ou systématiques) sont inclus dans l'offre sous réserve d'approbation ou de demande de modification de la part de l'acheteur.										

**Table 1 – Tests on spacers**

Clause	Test	Spacer damper			Flexible spacer			Rigid spacer		
		Type test	Sample test	Routine test	Type test	Sample test	Routine test	Type test	Sample test	Routine test
7.1	<b>Visual examination</b>	X	X	O	X	X	O	X	X	O
7.2	<b>Verification of dimensions, material and mass</b>	X	X	O	X	X	O	X	X	O
7.3	<b>Corrosion protection tests</b>	X <sup>1)</sup>	X <sup>1)</sup>		X <sup>1)</sup>	X <sup>1)</sup>		X <sup>1)</sup>	X <sup>1)</sup>	
7.4	<b>Non-destructive tests</b>	O	O	O	O	O	O	O	O	O
7.5	<b>Mechanical tests</b>									
7.5.1	– clamp slip tests	X	O		X	O		X	O	
7.5.2	– breakaway bolt test	X	X		X	X		X	X	
7.5.3	– clamp bolt tightening test	X	X		X	X		X	X	
7.5.4	– simulated short-circuit current test and compression and tension tests	X	O		X	O		X	O	
7.5.5	– characterisation of the elastic and damping properties	X	O		O	O				
7.5.6	– flexibility tests	X	O		X	O				
7.5.7	– fatigue tests	X			O					
7.6	<b>Tests to characterise elastomers</b>	X	O		X <sup>1)</sup>	O <sup>1)</sup>				
7.7	<b>Electrical tests</b>									
7.7.1	– corona and radio interference voltage (RIV) tests	X			X			X		
7.7.2	– electrical resistance test	X	O		X <sup>1)</sup>	O <sup>1)</sup>		O <sup>1)</sup>		
7.8	<b>Verification of vibration behaviour of the bundle/spacer system</b>									
D.2	– aeolian vibration	O			O <sup>2)</sup>					
D.3	– subspan oscillation	O			O					
<sup>1)</sup> If applicable. <sup>2)</sup> When used in conjunction with vibration dampers.										
NOTE – The supplier should state in the tender quality plan, or other tender documentation, which testing is already complete (i.e: which type test) and which tests (sample or routine) are included in the tender, subject to the approval or change required by the purchaser.										

## **7 Méthodes d'essai**

### **7.1 Contrôle visuel**

Les essais de type doivent comprendre un contrôle visuel destiné à vérifier la conformité des entretoises, pour ce qui concerne toutes les caractéristiques importantes, avec les plans de fabrication ou contractuels. Les écarts par rapport aux plans doivent être soumis à l'approbation de l'acheteur et doivent être documentés de manière appropriée au titre de dérogation autorisée.

Les essais sur échantillon et si nécessaire les essais systématiques doivent comprendre un contrôle visuel destiné à vérifier la conformité du processus de fabrication, de la forme, du revêtement et de l'état de surface de l'entretoise avec les plans contractuels. Une attention particulière doit être accordée aux marquages exigés et à l'état des surfaces entrant en contact avec le conducteur.

Les procédures d'essai sur échantillon et les critères de réception doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

Pour les entretoises soumises aux essais de type de détection de l'effet couronne, l'essai sur échantillon doit comprendre une comparaison de la forme et de l'état de surface avec un des échantillons d'essai de type de détection de l'effet couronne, lorsque cela est spécifié ou autorisé par l'acheteur.

### **7.2 Vérification des dimensions, des matériaux et de la masse**

Les essais de type, les essais sur échantillon et, si nécessaire, les essais systématiques doivent inclure le contrôle des dimensions afin de vérifier que les entretoises sont dans les tolérances dimensionnelles indiquées sur les plans contractuels. L'acheteur peut décider d'assister à la mesure de dimensions sélectionnées ou peut contrôler la documentation du fournisseur une fois celle-ci disponible.

Les essais de type, les essais sur échantillon et, si nécessaire, les essais systématiques doivent également inclure le contrôle des matériaux afin de vérifier qu'ils sont conformes aux plans et documents contractuels. Cette vérification doit normalement être effectuée par l'acheteur qui contrôlera la documentation du fournisseur relative aux spécifications des matériaux, les certificats de conformité et autre documentation qualité.

La masse totale de l'entretoise avec tous ses composants doit être conforme à la masse indiquée sur le plan contractuel (dans les tolérances indiquées).

### **7.3 Essai de protection contre la corrosion**

#### **7.3.1 Composants revêtus par galvanisation à chaud (autres que les fils d'acier galvanisés toronnés)**

Les composants revêtus par galvanisation à chaud autres que les fils d'acier galvanisés toronnés doivent être essayés conformément aux exigences spécifiées dans l'ISO 1461.

L'épaisseur du revêtement doit être conforme aux tableaux 2 et 3, sauf convention contraire entre l'acheteur et le fournisseur. Toutefois, pour les besoins de la présente norme, les tableaux 2 et 3 de l'ISO 1461 doivent s'appliquer aux catégories d'articles suivantes (et non aux catégories spécifiées dans l'ISO 1461).

## **7 Test methods**

### **7.1 Visual examination**

Type tests shall include visual examination to ascertain conformity of the spacers, in all essential respects, with the manufacturing or contract drawings. Deviations from the drawings shall be subject to the approval of the purchaser and shall be appropriately documented as an agreed concession.

Sample tests and, if required, routine tests shall include visual examination to ensure conformity of manufacturing process, shape, coating and surface finish of the spacer with the contract drawings. Particular attention shall be given to the markings required and to the finish of surfaces which come into contact with the conductor.

The sample test procedures and acceptance criteria shall be agreed between purchaser and supplier.

For spacers subject to corona type tests, the sample test shall include a comparison of shape and surface finish with one of the corona type test samples when specified or agreed by the purchaser.

### **7.2 Verification of dimensions, materials and mass**

Type, sample and, if required, routine tests shall include verification of dimensions to ensure that spacers are within the dimensional tolerances stated on contract drawings. The purchaser may choose to witness the measurement of selected dimensions or may inspect the supplier's documentation when this is available.

Type, sample and, if required, routine tests shall also include verification of materials to ensure that they are in accordance with contract drawings and documents. This verification shall normally be carried out by the purchaser inspecting the supplier's documentation relating to material specifications, certificates of conformity or other quality documentation.

The total mass of the spacer complete with all its components shall comply with the mass shown on the contract drawing (within given tolerances).

### **7.3 Corrosion protection test**

#### **7.3.1 Hot dip galvanized components (other than stranded galvanized steel wires)**

Hot dip galvanized components other than stranded galvanized steel wires shall be tested in accordance with the requirements specified in ISO 1461.

The coating thicknesses shall conform to tables 2 and 3 unless otherwise agreed between purchaser and supplier. However, for the purpose of this standard, tables 2 and 3 of ISO 1461 shall apply to the following categories of items (and not to the categories specified in ISO 1461).

Tableau 2: épaisseur du revêtement sur tous les échantillons sauf

- rondelles;
- pièces filetées;
- petites pièces centrifugées (surface utile < 1 000 mm<sup>2</sup>).

Tableau 3: épaisseur du revêtement sur

- rondelles;
- pièces filetées;
- petites pièces centrifugées (surface utile < 1 000 mm<sup>2</sup>).

### **7.3.2 Produits en fer protégés contre la corrosion par des méthodes autres que la galvanisation à chaud**

Les produits en fer protégés contre la corrosion par des méthodes autres que la galvanisation à chaud doivent être essayés conformément aux exigences des normes CEI/ISO correspondantes convenues entre l'acheteur et le fournisseur.

### **7.3.3 Fils d'acier galvanisé toronnés**

Les fils d'acier galvanisés toronnés doivent être essayés conformément aux exigences spécifiées par la CEI 60888.

### **7.3.4 Corrosion causée par des composants non métalliques**

Par convention entre l'acheteur et le fournisseur, des preuves de l'absence de conditions favorables à la corrosion entre l'élastomère et le conducteur ou l'entretoise, selon le cas, doivent être apportées par un essai de corrosion ou par une expérience appropriée effectuée en conditions de service. En variante, l'acheteur peut également spécifier pour chaque sous-ensemble contenant un élastomère une plage de résistances électriques assurant une conductivité électrique adéquate pour la charge électrique, tout en minimisant l'action galvanique.

NOTE – Les composants non métalliques, en particulier les éléments élastomères revêtant une pince d'entretoise ou assurant la flexibilité ou l'amortissement dans une entretoise amortissante, sont en général rendus conducteurs afin d'éviter les problèmes susceptibles d'être causés par le chargement capacitif des bras ou du corps de l'entretoise. Le carbone est fréquemment utilisé dans les formulations d'élastomères, à la fois pour obtenir la rigidité et l'amortissement désirés et pour assurer la conductivité électrique. Toutefois, le carbone en contact avec l'aluminium peut causer de graves problèmes de corrosion galvanique de l'aluminium en environnement pollué. D'autres constituants des composants non métalliques tels que les chlorures, le soufre libre, etc. peuvent également avoir des effets corrosifs.

## **7.4 Essais non destructifs**

L'acheteur doit spécifier et autoriser les méthodes d'essai (ISO ou autres) et les critères de réception appropriés. Les essais non destructifs sont par exemple

- l'essai magnétique;
- l'essai par courants de Foucault;
- l'essai radiographique;
- l'essai par ultrasons;
- la charge d'essai;
- l'essai de ressuage;
- l'essai de dureté.

Table 2: coating thickness on all samples except

- washers;
- threaded components;
- small parts which are centrifuged (significant surface area < 1 000 mm<sup>2</sup>).

Table 3: coating thickness on

- washers;
- threaded components;
- small parts which are centrifuged (significant surface area < 1 000 mm<sup>2</sup>).

### **7.3.2 Ferrous components protected from corrosion by methods other than hot dip galvanizing**

Ferrous components protected from corrosion by methods other than hot dip galvanizing shall be tested in accordance with the requirement of the relevant IEC/ISO standards, agreed between purchaser and supplier.

### **7.3.3 Stranded galvanized steel wires**

Stranded galvanized steel wires shall be tested in accordance with the requirements specified in IEC 60888.

### **7.3.4 Corrosion caused by non-metallic components**

By agreement between purchaser and supplier, evidence of non-corrosion compatibility between the elastomer and the conductor or spacer components, as appropriate, shall be demonstrated by a corrosion test or by suitable service experience. Alternatively, and where appropriate, the purchaser may specify for each subassembly containing an elastomer, a range of electrical resistance which provides adequate conductivity for electrical charging but minimizes galvanic action.

NOTE – Non-metallic components, especially elastomeric elements lining a spacer clamp or providing the flexibility and damping in a spacer damper, are commonly made electrically conducting to avoid any problems that might otherwise arise from the capacitive charging of the arms or body of the spacer. Carbon is frequently used in elastomer formulations, both to achieve the desired stiffness and damping, and to provide electrical conductivity. However, carbon in contact with aluminium may lead to severe galvanic corrosion of the latter in a polluted environment. Other constituents of non-metallic components, such as chlorides, free sulphur, etc. may also have corrosive effects.

## **7.4 Non-destructive tests**

The purchaser shall specify or agree to relevant test methods (ISO or other) and acceptance criteria. Examples of non-destructive tests are as follows:

- magnetic test;
- eddy current test;
- radiographic test;
- ultrasonic test;
- proof load test;
- dye penetrant test;
- hardness test.

## 7.5 Essais mécaniques

### 7.5.1 Essais de glissement des pinces

Les essais doivent être effectués sur le conducteur auquel les pinces sont destinées. Le conducteur doit être à l'état neuf, c'est-à-dire exempt de toute détérioration ou de tout dommage. La longueur minimale du conducteur d'essai entre ses raccords de connexion doit être, à l'exception de l'essai de 7.5.1.2 B), de 4 m. Le conducteur doit être tendu à 20 % de sa résistance nominale à la traction.

Les pinces doivent être installées sur une partie inutilisée du conducteur pour chaque essai.

Des précautions doivent être prises pour éviter la formation de cages d'oiseaux sur le conducteur.

Les pinces doivent être essayées individuellement. Les pinces doivent être installées conformément aux consignes du fournisseur. Dans le cas de boulons fusibles, le couple de montage doit être la valeur théorique moins la tolérance convenue entre l'acheteur et le fournisseur (voir 7.5.3).

NOTE – L'utilisation d'autres conducteurs, d'autres longueurs et tractions de conducteurs peut être convenue entre l'acheteur et le fournisseur.

#### 7.5.1.1 Essai de glissement longitudinal

A) Une charge coaxiale au conducteur doit être appliquée à la pince au moyen d'un dispositif approprié (voir figure 1a).

La charge doit être augmentée progressivement (pas plus vite que 100 N/s) jusqu'à ce qu'elle atteigne la valeur de charge de glissement minimale spécifiée. Cette charge doit être maintenue constante pendant 60 s. Puis la charge doit être augmentée progressivement jusqu'à ce que le glissement de la pince se produise. La valeur de la charge de glissement doit être enregistrée.

Pour les pinces à surface métallique, le glissement doit être considéré comme s'étant produit lorsqu'un mouvement de la pince sur le conducteur de 1,0 mm est mesuré.

NOTE – Pour les pinces revêtues de caoutchouc et les pinces utilisant des brins formés en hélice, les valeurs suivantes sont données pour information:

- pince revêtue de caoutchouc: 2,5 mm;
- pince utilisant des brins formés en hélice: 12,0 mm.

- Critères de réception

Aucun glissement ne doit se produire à la valeur minimale ou en dessous de celle-ci. Si des exigences minimales et maximales de glissement sont indiquées, le glissement doit se produire entre ces valeurs. L'aplatissement de la surface des brins extérieurs du conducteur est acceptable.

B) Un autre montage d'essai permettant d'évaluer le comportement de l'ensemble de l'entretoise en conditions simulées de rupture de conducteur, ainsi que le glissement de la pince, est illustré à la figure 1b.

NOTE – Les effets imposés par les deux méthodes d'essai A) et B) ne sont pas équivalents.

Pour un faisceau de N sous-conducteurs, N-1 sous-conducteurs doivent être mis en traction. Une entretoise doit être montée sur ces sous-conducteurs et une force longitudinale appliquée au dernier sous-conducteur non tendu.

La charge doit être augmentée progressivement (pas plus vite que 100 N/s) jusqu'à ce qu'elle atteigne la valeur de charge de glissement minimale spécifiée. Cette charge doit être maintenue constante pendant 60 s. Puis la charge doit être augmentée progressivement jusqu'à ce que le glissement de la pince se produise. La valeur de charge de glissement doit être enregistrée.

## 7.5 Mechanical tests

### 7.5.1 Clamp slip tests

The tests shall be performed using the conductor for which the clamps are intended. The conductor shall be "as new", i.e. free of any deterioration or damage. The minimum length of the test conductor between its terminating fittings shall be, with the exception of the test in clause 7.5.1.2 B), 4 m. The conductor shall be tensioned to 20 % of its rated tensile strength.

Clamps shall be installed on an unused portion of conductor for each test.

Precautions shall be taken to avoid birdcaging of the conductor.

The clamps shall be tested individually. The clamp shall be installed in accordance with the supplier's instructions. In the case of breakaway bolts, the installation torque shall be the design value minus the tolerance agreed between purchaser and supplier (see 7.5.3).

NOTE – The use of other conductor, conductor lengths and tensions can be agreed between purchaser and supplier.

#### 7.5.1.1 Longitudinal slip test

- A) By means of a suitable device (see figure 1a), a load coaxial to the conductor shall be applied to the clamp.

The load shall be gradually increased (not faster than 100 N/s) until it reaches the specified minimum slip load value. This load shall be kept constant for 60 s. Then the load shall be gradually increased until slippage of the clamp occurs. The slip load value shall be recorded.

For metal surface clamps, slip shall be considered as having occurred when a movement of the clamp on the conductor of 1,0 mm is measured.

NOTE – The following values for rubber-lined clamps and clamps using helical rods are given for reference:

- rubber-lined clamp: 2,5 mm;
- clamp using helical rods: 12,0 mm.

- Acceptance criteria

No slippage shall occur at or below the minimum specified value. If both minimum and maximum slip requirements are stated, the slip shall occur between those values. Surface flattening of the outer strands of the conductor is acceptable.

- B) An alternative test arrangement which evaluates the performance of the whole spacer assembly under simulated broken conductor conditions, as well as clamp slip, is shown in figure 1b.

NOTE – The effects imposed by the two test methods A) and B) are not equivalent.

For a bundle of N subconductors, N-1 subconductors shall be tensioned. A spacer shall be mounted on the subconductors and a longitudinal force shall be applied to the untensioned subconductor.

The load shall be gradually increased (not faster than 100 N/s) until it reaches the specified minimum slip load value. This load shall be kept constant for 60 s. Then the load shall be gradually increased until slippage of the clamp occurs. The slip load value shall be recorded.

Pour les pinces à surface métallique, le glissement doit être considéré comme s'étant produit lorsqu'un mouvement de la pince sur le conducteur de 1,0 mm est mesuré.

NOTE – Pour les pinces revêtues de caoutchouc et les pinces utilisant des brins formés en hélice, les valeurs suivantes sont données pour information:

- pince revêtue de caoutchouc: 2,5 mm;
- pince utilisant des brins formés en hélice: 12,0 mm.

- Critères de réception

La force de glissement de la pince sur le sous-conducteur ou la charge de rupture de l'entretoise ne doivent pas être inférieures à la valeur minimale spécifiée. En outre, si l'acheteur l'exige, le mouvement longitudinal du sous-conducteur non tendu initialement par rapport à sa position initiale doit être supérieur à la valeur minimale spécifiée au moment du glissement.

### 7.5.1.2 Essai de glissement en torsion

- A) Un couple (voir figure 2a) doit être appliqué à la pince pour tenter de la faire tourner autour de l'axe du conducteur.

Le couple doit être augmenté progressivement jusqu'à ce qu'il atteigne le couple de glissement minimal spécifié. Ce couple doit être maintenu constant pendant 60 s. Puis le couple doit être augmenté progressivement jusqu'à ce que le glissement de la pince par torsion se produise. La valeur du couple de glissement doit être enregistrée.

L'essai doit être effectué en appliquant le couple dans le sens du pas des brins externes du conducteur. L'essai doit être répété en appliquant le couple dans le sens opposé.

Le glissement de la pince doit être considéré comme s'étant produit lorsqu'une valeur de glissement supérieure à un diamètre de brin est mesurée après que la charge ait été relâchée.

- Critères de réception

Aucun glissement ne doit se produire à la valeur minimale spécifiée ou en dessous de celle-ci.

- B) Un autre montage d'essai est illustré à la figure 2b.

Un conducteur de longueur  $L$  égale à la sous-portée moyenne associée à l'entretoise à essayer doit être mis en traction à 20 % de sa résistance nominale à la traction. L'entretoise doit être montée au centre du conducteur d'essai ( $l_1=l_2=L/2$ ). La traction appliquée au conducteur doit alors être augmentée à 40 % de sa résistance nominale à la traction. L'entretoise doit être tournée selon un angle  $\gamma$ , spécifié ou autorisé par l'acheteur, autour de l'axe du conducteur.

L'essai doit être effectué en appliquant le couple dans le sens du pas des brins externes du conducteur. L'essai doit être répété en appliquant le couple dans le sens opposé.

NOTE – L'essai peut être effectué avec des longueurs  $l_1$  et  $l_2$  inégales. Dans ce cas, l'angle de rotation recommandé est

$$\gamma = \frac{4\gamma_l}{L} \left( \frac{l_1 \times l_2}{l_1 + l_2} \right) \text{ (degrés)}$$

Le glissement de la pince doit être considéré comme s'étant produit lorsqu'une valeur de glissement supérieure au diamètre d'un brin est mesurée après que la charge ait été relâchée.

- Critères de réception

Aucun glissement ne doit se produire à  $\gamma_l$  ou en dessous de cette valeur.

### 7.5.2 Essai de boulon fusible

S'il est utilisé, le boulon fusible doit être essayé en appliquant un couple croissant sur la partie fusible du boulon jusqu'à ce qu'elle casse. Le couple de rupture doit être enregistré. Le couple de rupture doit être dans les tolérances convenues entre l'acheteur et le fournisseur.

For metal surface clamps, slip shall be considered as having occurred when a movement of the clamp on the conductor of 1,0 mm is measured.

NOTE – The following values for rubber-lined clamps and clamps using helical rods are given for reference:

- rubber-lined clamp: 2,5 mm;
- clamp using helical rods: 12,0 mm.

- Acceptance criteria

The slip force of the clamp on the subconductor or the failure load of the spacer shall not be less than the minimum specified value. In addition, if required by the purchaser, the longitudinal movement of the initially untensioned subconductor with respect to its initial position shall be higher than the minimum specified value at the moment of the slippage.

### 7.5.1.2 Torsional slip test

- A) A torque (see figure 2a) shall be applied to the clamps in order to rotate it around the axis of the conductor.

The torque shall be gradually increased until it reaches the specified minimum slip torque. This torque shall be kept constant for 60 s. Then the torque shall be gradually increased until slippage of the clamp by torsion occurs. The slip torque value shall be recorded.

The test shall be carried out applying the torque in the direction of lay of the outer conductor strands. The test shall be repeated by applying the torque in the opposite direction.

Clamp slip shall be considered as having occurred when a slip value greater than one strand diameter is measured after the release of load.

- Acceptance criteria

No slippage shall occur at or below the minimum specified value.

- B) An alternative test arrangement is shown in figure 2b.

A conductor of length  $L$  equal to the average sub-span associated with the tested spacer, shall be tensioned to 20 % of its rated tensile strength. The spacer shall be mounted at the centre of the test conductor ( $l_1 = l_2 = L/2$ ). Then the tension on the test conductor shall be increased to 40 % of its rated tensile strength. The spacer shall be rotated to an angle  $\gamma$ , specified or agreed by the purchaser, around the axis of the conductor.

The test shall be carried out applying the torque in the direction of lay of the outer conductor strands. The test shall be repeated by applying the torque in the opposite direction.

NOTE – The test may be performed with unequal lengths  $l_1$  and  $l_2$ . In this case, the recommended angle of rotation is

$$\gamma = \frac{4\gamma_1}{L} \left( \frac{l_1 \times l_2}{l_1 + l_2} \right) \text{ (degrees)}$$

Clamp slip shall be considered as having occurred when a slip value greater than one strand diameter is measured after release of load.

- Acceptance criteria

No slippage shall occur at or below  $\gamma$ .

### 7.5.2 Breakaway bolt test

The breakaway bolt, if used, shall be tested by applying increasing torque to the breakaway portion of the bolt until it breaks away. The breakaway torque shall be recorded. The breakaway torque shall be within the tolerance agreed between purchaser and supplier.

### 7.5.3 Essai de serrage des boulons de pince

L'essai doit être effectué en installant la pince sur un conducteur de diamètre égal à celui auquel la pince est destinée. Le ou les boulons ou écrous doivent être serrés à un couple supérieur de 10 % au couple d'installation spécifié. Sur les pinces à boulons fusibles, la partie fusible du boulon doit être retirée avant l'essai et les boulons serrés à la valeur de couple spécifiée plus la tolérance convenue. La connexion fileté doit rester utilisable pour un nombre illimité d'installations et de déposes ultérieures et tous les composants de la pince doivent être intacts. Aucune détérioration inacceptable ne doit se produire sur le conducteur à l'intérieur de la pince. Les détériorations inacceptables doivent être définies d'un commun accord entre l'acheteur et le fournisseur.

Enfin, le couple doit être augmenté, soit à deux fois le couple d'installation spécifié, soit à la valeur maximale de couple préconisée par le fournisseur du boulon, en prenant la plus faible de ces deux valeurs. Cette augmentation ne doit pas entraîner de rupture des parties filetées ou autres composants.

### 7.5.4 Essais de courant de court-circuit simulé et essais de compression et de traction

L'objet de ces essais est de vérifier que les entretoises seront capables de résister sans rupture ou déformation permanente aux charges de compression et de traction susceptibles d'apparaître en service.

L'acheteur doit spécifier ou autoriser l'un des essais suivants, ou toute combinaison de ces essais.

NOTE – Les effets imposés par les charges des différents essais ou d'une combinaison d'essais ne sont pas nécessairement équivalents.

#### 7.5.4.1 Essai de courant de court-circuit simulé

Des dispositifs appropriés (voir figure 3) doivent être utilisés, capables d'appliquer simultanément à toutes les pinces d'entretoises des forces de compression (dirigées vers le centre du faisceau de conducteurs) et des forces de traction (s'éloignant du centre du faisceau de conducteurs).

- Compression

Les forces de compression doivent être augmentées progressivement jusqu'à ce qu'elles atteignent la valeur spécifiée. A cette valeur, les forces doivent être maintenues constantes pendant 60 s puis retirées. L'essai doit être exécuté deux fois; la première avec l'entretoise en position normale et la deuxième avec une pince déplacée longitudinalement d'une valeur convenue par rapport à l'autre ou aux autres pinces.

La valeur de la force de compression spécifiée ci-dessus peut être calculée selon la formule donnée à l'annexe B, sauf si une valeur différente est convenue entre l'acheteur et le fournisseur.

- Traction

Après l'application des forces de compression, les forces de traction doivent être appliquées. Ces forces doivent être augmentées progressivement jusqu'à ce qu'elles atteignent la valeur spécifiée à laquelle elles doivent être maintenues pendant 60 s. La valeur des forces de traction doit être choisie égale à 50 % des forces de compression correspondantes, à moins qu'une valeur différente soit convenue entre l'acheteur et le fournisseur.

### 7.5.3 Clamp bolt tightening test

The test shall be performed by installing the clamp on a conductor with a diameter equal to that for which the clamp is intended to be used. The bolt(s) or nut(s) shall be tightened to a torque 10 % above the specified installation torque. Clamps with breakaway bolts shall have the breakaway portion of the head removed prior to the test and shall be tightened with the specified torque value plus the agreed tolerance. The threaded connection shall remain serviceable for any number of subsequent installations and removals and all components of the clamp shall be undamaged. No unacceptable damage shall occur on the conductor inside the clamp. Unacceptable damage shall be agreed between purchaser and supplier.

Lastly, the torque shall be increased either to twice the specified installation torque or the maximum torque value recommended by the bolt supplier, whichever is lower. This increase shall not result in any breakage of threaded parts or other components.

### 7.5.4 Simulated short-circuit current test and compression and tension tests

The purpose of these tests is to ensure that the spacers will be able to withstand, without failure or permanent deformation, the compressive and tensile load which may occur in service.

The purchaser shall specify or agree to one of the following tests, or any combination of tests.

NOTE – The effects imposed by the loads in the different tests, or combination of tests, are not necessarily equivalent.

#### 7.5.4.1 Simulated short-circuit current test

Suitable devices (see figure 3) which are able to apply compressive forces (directed toward the centre of the conductor bundle) and tensile forces (directed away from the centre of the conductor bundle) to all spacer clamps simultaneously shall be used.

- Compression

The compressive forces shall be gradually increased until they reach the specified value. At this value the forces shall be held constant for 60 s and then removed. The test shall be executed twice; the first one with the spacer in its normal position and the second one with one clamp displaced longitudinally of an agreed amount, with reference to the other clamp(s).

The value of the compressive force specified above can be calculated using the formula given in annex B unless a different value is agreed between purchaser and supplier.

- Tension

Following compressive forces, tensile forces shall be applied. These forces shall be gradually increased until they reach the specified value at which they shall be maintained for 60 s. The value of the tensile forces shall be taken as 50 % of the corresponding compressive forces, unless a different value is agreed between purchaser and supplier.

- Critères de réception

Après l'essai,

- il doit être possible de remettre les pinces d'entretoise à leur position théorique par une légère pression de la main;
- l'entretoise doit être examinée par démontage si nécessaire. Il ne doit y avoir aucune déformation ou détérioration susceptible de nuire à l'efficacité de l'entretoise ou d'affecter sa fonction de maintien de l'espacement normal du faisceau.

#### 7.5.4.2 Essai de compression et de traction

L'entretoise équipée doit être installée sur un dispositif approprié (voir figure 4) capable d'appliquer des forces de compression ou de traction entre chaque couple de pinces adjacentes.

Les boulons des pinces, lorsqu'ils sont utilisés, doivent être serrés au couple d'installation spécifié.

Pour chaque couple de pinces adjacentes, la force de compression doit être appliquée en premier. La force doit être augmentée progressivement jusqu'à ce qu'elle atteigne la valeur spécifiée qui doit être maintenue pendant 60 s. Puis la force de compression doit être retirée et la force de traction appliquée sur le même couple de pinces et maintenue pendant 60 s à la valeur spécifiée.

La valeur des forces de compression et de traction à appliquer doit être convenue entre l'acheteur et le fournisseur.

- Critères de réception

Après l'essai,

- il doit être possible de remettre les pinces d'entretoise à leur position théorique par une légère pression de la main;
- l'entretoise doit être examinée par démontage, si nécessaire. Il ne doit y avoir aucune déformation ou détérioration susceptible de nuire à l'efficacité de l'entretoise ou d'affecter sa fonction de maintien de l'espacement normal du faisceau.

#### 7.5.5 Caractérisation des propriétés élastiques et d'amortissement

Les essais destinés à déterminer les propriétés élastiques et d'amortissement des entretoises amortissantes doivent être effectués conformément à une ou plusieurs des méthodes suivantes, comme spécifié ou convenu par l'acheteur.

NOTE 1 – Les valeurs de rigidité et d'amortissement ne fournissent pas de confirmation directe des performances des entretoises amortissantes installées sur les faisceaux de conducteurs, mais elles peuvent être utilisées dans des modèles analytiques utilisés pour donner une indication des performances, en particulier en ce qui concerne les vibrations éoliennes.

NOTE 2 – Les valeurs de rigidité et d'amortissement déterminées lors des essais de type peuvent être utilisées pour établir les critères de réception des essais sur échantillon comme spécifié ou convenu par l'acheteur.

NOTE 3 – Les caractéristiques élastiques et d'amortissement déterminées dans les différents essais qui suivent ne sont pas équivalentes.

- Acceptance criteria

After the test,

- it shall be possible to return the spacer clamps to their design position using only slight hand pressure;
- the spacer shall be examined by disassembly if necessary. There shall be no deformation or damage which would impair the efficiency of the spacer or affect its function of maintaining the normal bundle spacing.

#### **7.5.4.2 Compression and tension test**

The spacer assembly shall be installed on a suitable device (see figure 4) able to apply compression and tension forces between each pair of adjacent clamps.

The clamp bolts, when used, shall be tightened to the specified installation torque.

For each pair of adjacent clamps, the compressive force shall first be applied. The force shall be gradually increased until it reaches the specified value which shall be maintained for 60 s. Then the compressive force shall be removed and the tensile force shall be applied to the same pair of clamps and held for 60 s at the specified value.

The value of the compressive and tensile forces to be applied shall be agreed between purchaser and supplier.

- Acceptance criteria

After the test,

- it shall be possible to return the spacer clamps to their design position using only slight hand pressure;
- the spacer shall be examined by disassembly if necessary. There shall be no deformation or damage which would impair the efficiency of the spacer or affect its function of maintaining the normal bundle spacing.

#### **7.5.5 Characterisation of the elastic and damping properties**

Tests to determine the elastic and damping properties of spacer dampers shall be performed in accordance with one or more of the following methods as specified or agreed by the purchaser.

NOTE 1 – The stiffness and damping values do not provide direct confirmation of the performance of spacer dampers installed on conductor bundles, but they may be used in analytical models used to provide indication of performance, particularly with regard to aeolian vibration.

NOTE 2 – The stiffness and damping values determined in type tests can be used to establish acceptance criteria for sample tests as specified or agreed by the purchaser.

NOTE 3 – The elastic and damping characteristics determined in the following different tests are not equivalent.

A) Méthode de détermination de la rigidité et de l'amortissement

Le cadre de l'entretoise doit être immobilisé et un tube ou une tige rigide doit être maintenu fermement dans une des pinces de l'entretoise. Le tube ou la tige sont soumis à oscillation (voir annexe C) de telle manière que l'angle d'inclinaison du bras de l'entretoise par rapport à sa position non chargée suive une sinusoïde, c'est-à-dire

$$\varphi = \Phi \sin \omega t$$

où

$\varphi$  est l'angle d'inclinaison

$\Phi$  est la valeur crête de l'inclinaison sélectionnée pour la mesure.

La force crête  $F$  requise pour faire osciller le bras de l'entretoise de  $\pm\Phi$  doit être déterminée (mesurée à environ 90° par rapport à l'axe du bras dans le plan de l'entretoise passant par le centre de la pince).

Le déphasage  $\alpha$  entre la force et l'angle d'inclinaison du bras doit également être déterminé.

Si nécessaire, l'oscillation du bras doit être maintenue pendant suffisamment longtemps pour stabiliser la température du ou des éléments amortisseurs avant la mesure de  $F$  et de  $\alpha$ .

L'angle  $\alpha$  peut être mesuré directement en comparant les formes d'onde de la force et de l'angle du bras. Il peut également être déterminé indirectement en mesurant la surface de la boucle d'hystérésis formée en exprimant la force et l'angle d'inclinaison du bras sous la forme X-Y. Dans ce cas,  $\alpha$  peut être calculé comme suit:

$$\alpha = \arcsin [E/(F I \pi \Phi)]$$

où

$\alpha$  est le déphasage entre l'inclinaison du bras et la force (rad);

$E$  est la surface de la boucle moment/inclinaison angulaire (J);

$F$  est la force crête (N);

$I$  est la longueur du bras mesurée entre le centre de la pince et le point de pivotement effectif cadre/bras (m);

$\Phi$  est l'inclinaison crête du bras (rad).

L'essai doit être effectué à une fréquence comprise entre 1 Hz et 2 Hz avec un déplacement crête-à-crête équivalent au diamètre du conducteur auquel la pince est destinée.

NOTE – Des essais peuvent être effectués à différentes fréquences et/ou déplacements pour caractériser des entretoises amortissantes pour des programmes informatiques.

A partir des mesures de  $F$  et de  $\alpha$ , la rigidité en torsion  $K_t$  et la constante d'amortissement  $H_t$  doivent être calculées comme suit:

$$K_t = (F \times I \times \cos \alpha) / \Phi \quad (\text{Nm/rad})$$

$$H_t = K_t \times \tan \alpha \quad (\text{Nm/rad})$$

• Critères de réception

- La rigidité en torsion  $K_t$  ne doit pas différer de plus de  $\pm 20\%$  de la valeur déclarée par le fournisseur et indiquée sur les plans contractuels.
- Le rapport  $H_t/K_t$  ne doit pas être inférieur à  $20\%$  de la valeur déclarée par le fournisseur et indiquée sur les plans contractuels.

## A) Stiffness-damping method

The frame of the spacer shall be fixed securely and a rigid tube or rod shall be securely held in one of the spacer clamps. The tube/rod shall be oscillated (see annex C) such that the angle of deflection of the spacer arm from its unloaded position follows a sinusoid, i.e.

$$\varphi = \Phi \sin \omega t$$

where

$\varphi$  is the angle of deflection

$\Phi$  is the peak value of deflection selected for the measurement.

The peak force  $F$  required to oscillate the spacer arm through the angle measurement  $\pm\Phi$  shall be determined (measured at approximately 90° to the arm axis in the plane of the spacer and passing through the centre of the clamp).

The phase angle,  $\alpha$ , between the force and arm deflection angle shall also be determined.

If necessary the arm oscillation shall be maintained for a period long enough to stabilize the temperature of the damping element(s) before measuring  $F$  and  $\alpha$ .

The angle  $\alpha$  may be measured directly by comparing the force and arm angle wave forms. It may also be determined indirectly by measuring the area of the hysteresis loop formed by displaying the force and arm angle deflection in X-Y form. In this case  $\alpha$  can be calculated as follows:

$$\alpha = \arcsin [E/(F l \pi \Phi)]$$

where

$\alpha$  is the phase angle between arm deflection and force (rad);

$E$  is the area of the moment/angular deflection loop (J);

$F$  is the peak force (N);

$l$  is the arm length measured between clamp centre and effective frame/arm pivot point (m);

$\Phi$  is the peak arm deflection (rad).

The test shall be carried out at a frequency between 1 Hz and 2 Hz with a peak-to-peak displacement equivalent to the diameter of the conductor for which the clamp is intended to be used.

NOTE – Tests at a variety of frequencies and/or displacements can be used to characterize spacer dampers for computer programs.

From the measurements of  $F$  and  $\alpha$ , the torsional stiffness  $K_t$  and the damping constant  $H_t$  shall be calculated as follows:

$$K_t = (F \times l \times \cos \alpha) / \Phi \quad (\text{Nm/rad})$$

$$H_t = K_t \times \tan \alpha \quad (\text{Nm/rad})$$

- Acceptance criteria

- The torsional stiffness  $K_t$  shall not differ by more than  $\pm 20$  % from the value declared by the supplier and stated on contract drawings.
- The ratio  $H_t/K_t$  shall not be lower than 20 % of the value declared by the supplier and stated on contract drawings.

B) Méthode de détermination de la rigidité

Après maintien à une température d'essai de référence de  $(20 \pm 5)$  °C pendant au moins 3 h, la rigidité horizontale d'une entretoise doit être déterminée de la manière suivante:

- l'entretoise doit être maintenue (de préférence dans son orientation de travail) par deux pinces adjacentes sur des tiges horizontales libres de tourner;
- une tige doit être maintenue en position et une force doit être appliquée sur l'autre tige juste assez pour amener les bras des pinces en butée de traction, c'est-à-dire que l'espacement doit avoir augmenté de  $X_{nom}$  à  $X_{max}$ , laquelle valeur sera enregistrée;
- l'opération ci-dessus doit être répétée pour les bras en compression pour que la valeur  $X_{min}$  soit enregistrée;
- les espacements  $X_t$  et  $X_c$  doivent alors être déterminés, où:

$$X_t = X_{nom} + 0,9 (X_{max} - X_{nom})$$

$$X_c = X_{nom} - 0,9 (X_{nom} - X_{min})$$

- les bras de l'entretoise doivent être déplacés selon le cycle suivant:
  - partant de  $X_{nom}$  l'espacement doit être porté à  $X_t$  à une vitesse uniforme de 50 mm/min à 100 mm/min;
  - l'espacement doit être maintenu à  $X_t$  et après 60 s, la force requise  $F_t$  pour maintenir cet espacement doit être enregistrée;
  - l'espacement doit alors être diminué à une vitesse uniforme de 20 mm/min à 50 mm/min jusqu'à ce que l'espacement soit de nouveau égal à  $X_{nom}$ ;
  - après maintien de l'espacement à  $X_{nom}$  pendant une durée de 0 s à 20 s l'espacement doit être diminué à  $X_c$  à une vitesse uniforme de 50-100 mm/min;
  - l'espacement doit être maintenu à  $X_c$  et après 60 s la force requise  $F_c$  pour maintenir cet espacement doit être enregistrée;
  - la rigidité doit alors être déterminée comme  $(F_t + F_c)/(X_t - X_c)$ .

NOTE – Pour illustrer ce qui précède, supposons que l'essai est effectué sur une entretoise double de 400 mm dotée de butées à 420 mm et 370 mm. Il sera alors nécessaire d'enregistrer la force de traction  $F_t$  (N) requise pour maintenir un espacement de 418 mm et la force de compression  $F_c$  (N) requise pour maintenir un espacement de 373 mm. La rigidité sera alors égale à  $(F_t + F_c) / 45$  (N/mm).

- Critères de réception

La rigidité ne doit pas différer de plus de  $\pm 20$  % de la valeur déclarée par le fournisseur et indiquée sur les plans contractuels.

C) Méthode de détermination de l'amortissement

La caractéristique d'amortissement doit être déterminée comme suit.

Le corps de l'entretoise doit être immobilisé et une masse ajoutée sur un bras de sorte que la fréquence propre de l'oscillation soit comprise entre 1 Hz et 2 Hz. Le bras doit alors être amené sur une des butées d'extrémité et, après 1 min, relâché brusquement. Le mouvement du bras doit être enregistré pendant au moins deux cycles complets. Si l'amplitude initiale (de la position de départ à l'inclinaison maximale dans la direction opposée) est égale à  $Y_1$  et que les amplitudes suivantes (crête à crête) sont respectivement égales à  $Y_2, Y_3, Y_4$ , le décrétement logarithmique sera considéré égal à

$$\ln \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{Y_1}{Y_3} + \frac{Y_2}{Y_4} \right) \right]$$

NOTE – Cette définition est différente de la définition classique  $(\ln[A_o/A_n]/n)$  mais elle est moins sensible à l'erreur de mesure et n'exige pas que soit déterminée la position d'inclinaison nulle.

- Critères de réception

Le décrétement logarithmique ne doit pas différer de plus de  $\pm 20$  % de la valeur déclarée par le fournisseur et indiquée sur les plans contractuels.

## B) Stiffness method

After being held at a test reference temperature of  $(20 \pm 5)$  °C for at least 3 h, the horizontal stiffness of a spacer shall be determined in the following manner:

- the spacer shall be held (preferably in its working orientation) by two adjacent clamps installed on horizontal rods which are free to rotate;
- one rod shall be held in position and a force shall be applied to the other rod just sufficient to move the clamp arms to their stops in tension, i.e. the spacing shall have been increased from  $X_{nom}$  to  $X_{max}$  which shall be recorded;
- the above shall be repeated for the arms in compression for  $X_{min}$  to be recorded;
- spacings  $X_t$  and  $X_c$  shall then be determined, where

$$X_t = X_{nom} + 0,9 (X_{max} - X_{nom})$$

$$X_c = X_{nom} - 0,9 (X_{nom} - X_{min})$$

- The spacer arms shall then be moved in the following cycle:
  - starting at  $X_{nom}$  the spacing shall be increased to  $X_t$  at a uniform rate between 50 mm/min and 100 mm/min;
  - the spacing shall be held at  $X_t$  and after 60 s the force  $F_t$  required to hold this spacing shall be recorded;
  - the spacing shall then be decreased at a uniform rate between 20 mm/min and 50 mm/min until the spacing is again equal to  $X_{nom}$ ;
  - after holding the spacing at  $X_{nom}$  between 0 s and 20 s, the spacing shall be decreased to  $X_c$  at a uniform rate between 50 mm/min and 100 mm/min;
  - the spacing shall be held at  $X_c$  and after 60 s the force  $F_c$  required to hold this spacing shall be recorded;
  - the stiffness shall then be determined as  $(F_t + F_c)/(X_t - X_c)$ .

NOTE – To illustrate the above, assume that the test is carried out on a 400 mm twin spacer which has stops at spacings of 420 mm and 370 mm. It will then be necessary to record the tensile force  $F_t$  (N) required to maintain a spacing of 418 mm and the compression force  $F_c$  (N) required to maintain a spacing of 373 mm. The stiffness will then be  $(F_t + F_c)/45$  (N/mm).

- Acceptance criteria

The stiffness shall not differ by more than  $\pm 20$  % from the value declared by the supplier and stated on contract drawings.

## C) Damping method

The damping characteristic shall be determined as follows.

The body of the spacer shall be fixed rigidly, and a mass shall be added to one arm such that the natural frequency of oscillation is between 1 Hz and 2 Hz. The arm shall then be moved to one of the end stops and, after 1 min, suddenly released. The movement of the arm shall be recorded for at least two complete cycles. If the initial swing (from starting position to maximum deflection in the opposite direction) is  $Y_1$  and subsequent swings (peak to peak) are  $Y_2, Y_3, Y_4$  the log decrement shall be taken to be equal to

$$\ln \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{Y_1}{Y_3} + \frac{Y_2}{Y_4} \right) \right]$$

NOTE – This definition is different to the conventional one  $(\ln[A_0/A_n]/n)$  but is less sensitive to measurement error and does not require the zero deflection position to be determined.

- Acceptance criteria

The log decrement shall not differ by more than  $\pm 20$  % from the value declared by the supplier and stated on contract drawings.

### 7.5.6 Essais de flexibilité

L'objet de ces essais est de vérifier et de démontrer que l'entretoise amortissante ou l'entretoise flexible pourra accepter tout mouvement ou déplacement relatif des sous-conducteurs prévisible pendant la durée normale de vie en service de la ligne, sans détérioration des conducteurs ou de l'entretoise.

Les valeurs des déplacements à utiliser pour les essais doivent être convenues entre l'acheteur et le fournisseur.

L'entretoise doit être installée sur une longueur du faisceau de sous-conducteurs spécifié, tendue à 20 % de sa résistance nominale à la traction, en serrant les boulons au couple d'installation spécifié. Sinon, l'entretoise peut être installée sur des tiges ou des tubes de la taille correcte.

Les déplacements suivants doivent être appliqués:

- a) déplacement longitudinal (voir figure 5): mouvement parallèle longitudinal horizontal d'un sous-conducteur par rapport à l'autre ou aux autres, mesuré par l'inclinaison du grand axe vertical de l'entretoise depuis sa position normale vers le conducteur;
  - b) déplacement vertical (voir figure 6): mouvement vertical d'un sous-conducteur par rapport à l'autre ou aux autres, mesuré par l'inclinaison verticale de l'axe horizontal de l'entretoise depuis sa position normale vers le conducteur;
  - c) déplacement conique (voir figure 7): mouvement conique ou angulaire de la pince d'entretoise sur un sous-conducteur, mesuré coniquement autour de l'axe normal du sous-conducteur;
  - d) déplacement transversal (voir figure 8): mouvement relatif de deux pinces d'entretoise alignées horizontalement et perpendiculairement à l'axe du sous-conducteur, mesuré par l'augmentation et la diminution de l'espace entre conducteurs.
- Critères de réception

Les mouvements ou déplacements ci-dessus doivent être exécutés sans glissement ou détérioration des sous-conducteurs et de l'entretoise visibles à l'oeil nu après dépose de l'entretoise.

### 7.5.7 Essais de fatigue

#### 7.5.7.1 Généralités

Des essais doivent être effectués pour vérifier le comportement en fatigue des entretoises soumises à des mouvements alternatifs ou simulant des vibrations (vibrations éoliennes et oscillations de sous-portée) se produisant en service.

Sauf convention contraire entre l'acheteur et le fournisseur, deux entretoises doivent être essayées: une pour l'oscillation de sous-portée et l'autre pour les vibrations éoliennes.

NOTE – Dans l'essai qui suit, des exigences supplémentaires peuvent être convenues entre l'acheteur et le fournisseur pour répondre à des conditions de service très sévères.

### 7.5.6 Flexibility tests

The purpose of these tests is to ensure and prove that the spacer damper or flexible spacer will accommodate any expected relative movement or displacement of the subconductors, during the normal working life of the line, without damage to conductors or the spacer.

The values of the displacements to be used for the tests shall be agreed between purchaser and supplier.

The spacer shall be installed on a length of the specified subconductor bundle tensioned at 20 % of its rated tensile strength, tightening the clamp bolts to the specified installation torque. As an alternative, the spacer may be installed on rods or tubes of the correct size.

The following displacements shall be applied:

- a) longitudinal displacement (see figure 5): horizontal, longitudinal, parallel movement of one subconductor relative to the other(s) as measured by the deflection of the vertical long axis of the spacer from its position normal to the conductor;
  - b) vertical displacement (see figure 6): vertical movement of one subconductor relative to the other(s) as measured by the vertical deflection of the horizontal axis of the spacer from its position normal to the conductor;
  - c) conical displacement (see figure 7): conical or angular movement of the spacer clamp on one sub-conductor as measured conically about the normal subconductor axis;
  - d) transversal displacement (see figure 8): relative movement of two spacer clamps horizontally aligned perpendicular to the subconductor axes, as measured by the increase and decrease of conductor separation.
- Acceptance criteria

The above movements or displacements shall be executed without slip or damage to the subconductors and spacer, as detected by visual examination after removal of the spacer.

### 7.5.7 Fatigue tests

#### 7.5.7.1 General

Tests shall be performed to verify the fatigue behaviour of spacers subjected to alternating motions or simulating vibrations (aeolian vibration and subspan oscillation) occurring in service.

Unless otherwise agreed between purchaser and supplier, two spacers shall be tested: one for subspan oscillation and one for aeolian vibration.

NOTE – In the following test additional requirements may be agreed between purchaser and supplier to match very severe service conditions.

### 7.5.7.2 Oscillation de sous-portée

L'entretoise doit être installée dans un banc d'essai conçu pour soumettre l'entretoise à des forces de compression/traction oscillatoires opposées horizontalement réparties entre deux pinces (voir figure 9a).

Le cadre central de l'entretoise doit être laissé flottant.

Sinon, le cadre de l'entretoise doit être maintenu en position fixe et des forces oscillatoires doivent être appliquées à une pince, à un angle d'environ 90° par rapport à l'axe du bras (voir figure 9b).

Chaque pince en essai doit être installée sur un tube ou une tige rigide de même diamètre que le conducteur auquel est destinée l'entretoise. Les dispositifs de serrage de la pince, s'ils sont filetés, doivent être serrés au couple d'installation spécifié. Le ou les tubes ou tiges ci-dessus doivent être connectés au mécanisme d'entraînement.

L'essai doit être effectué d'une des deux manières suivantes:

- avec un déplacement (crête à crête) résultant de l'application d'une force sinusoïdale d'une valeur crête à crête de 600 N. Le déplacement doit être déterminé au début de l'essai et doit être maintenu constant pendant tout l'essai;
- avec un déplacement de la pince ou une rotation alternative du bras égale à 90 % du maximum autorisé par l'entretoise.

L'essai doit être effectué à une fréquence comprise entre 1 Hz et 2 Hz pendant un nombre de cycles convenu entre l'acheteur et le fournisseur.

NOTE – Des essais dans lesquels le conducteur proprement dit est impliqué sont à l'étude.

- Critères de réception

A la fin de l'essai, l'angle de phase  $\alpha$  (tel que déterminé en 7.5.5 A) et la force requise pour maintenir le déplacement horizontal ne doivent pas être inférieurs à 70 % de leur valeur initiale. Il ne doit pas y avoir détérioration des composants métalliques de l'entretoise et le couple de serrage résiduel du dispositif de serrage de la pince (s'il est fileté) ne doit pas être inférieur à 50 % de la valeur originelle (c'est-à-dire la moitié du couple d'installation spécifié).

NOTE – Le couple de serrage résiduel (CSR) est mesuré au moyen d'une clé dynamométrique appliquée sur le boulon et manoeuvrée dans le sens du serrage. La valeur du CSR est lue sur l'indicateur de couple lorsque le boulon commence à bouger.

### 7.5.7.3 Vibrations éoliennes

L'essai suivant simule le comportement d'une entretoise positionnée au niveau d'un noeud.

Le cadre de l'entretoise doit être fixé à une position habituelle de service et une pince d'entretoise doit être installée sur un tube ou une tige rigide de même diamètre que le conducteur auquel est destinée l'entretoise (voir figure 10). Le dispositif de serrage de la pince (s'il est fileté) doit être serré au couple d'installation spécifié.

Le tube ou la tige doit être connecté au mécanisme d'entraînement et doit être soumis à une vibration d'angle total égal à 0,2° crête à crête, dans le plan vertical parallèle au conducteur, à une fréquence fixe de 20 Hz, pendant 100 millions de cycles.

### 7.5.7.2 Subspan oscillation

The spacer shall be installed in a test rig designed to subject the spacer to oscillatory compressive/tensile forces directed between two horizontally opposite clamps (see figure 9a).

The central frame of the spacer shall be unrestrained.

Alternatively, the frame of the spacer shall be held in a fixed position and oscillatory forces shall be applied to one clamp, approximately 90° to the arm axis (see figure 9b).

Each clamp under test shall be installed on a rigid tube or rod having the same diameter as the conductor for which the spacer is intended to be used. The clamp fasteners, if threaded, shall be tightened to the specified installation torque. The above tube(s) or rod(s) shall be connected to the drive mechanism.

The test shall be performed in one of the following two ways:

- either with a displacement (peak-to-peak) resulting from the application of a sinusoidal force having a peak-to-peak value of 600 N. The displacement shall be determined at the beginning of the test and shall be kept constant during all the test;
- or with a clamp displacement or an arm rotation equal to 90 % of the maximum allowed by the spacer.

The test shall be carried out at a frequency between 1 Hz and 2 Hz for a number of cycles, agreed between purchaser and supplier.

NOTE – Tests in which actual conductors are involved are under consideration.

- Acceptance criteria

At the end of the test, the phase angle  $\alpha$  (as determined in 7.5.5 A) and the force required to maintain the horizontal displacement shall not be less than 70 % of their initial value. There shall be no deterioration in the metal components of the spacer, and the residual tightening torque of the clamp fastener (if threaded) shall not be less than 50 % of the original value (i.e. half the specified installation torque).

NOTE – The residual tightening torque (RTT) is measured by means of a torque wrench which is applied to the bolt and operated in the tightening sense. The RTT value is read on the torque meter when the bolt begins to move.

### 7.5.7.3 Aeolian vibration

The following test simulates the behaviour of a spacer positioned at a node.

The frame of the spacer shall be fixed in a position as in service and a spacer clamp shall be installed on a rigid tube or rod having the same diameter as the conductor for which the spacer is designed (see figure 10). The clamp fastener (if threaded) shall be tightened to the specified installation torque.

The tube or rod shall be connected to the driving mechanism and shall be subjected to a vibration of a total angle equal to 0,2° peak-to-peak, in a vertical plane parallel to the conductor, at a fixed frequency of 20 Hz, for 100 million cycles.

- Critères de réception

A la fin de l'essai, le couple requis pour maintenir l'angle convenu ne doit pas être inférieur à 70 % de la valeur initiale. Il ne doit pas y avoir de détérioration des composants métalliques de l'entretoise et le couple de serrage résiduel du dispositif de serrage de la pince (s'il est fileté) ne doit pas être inférieur à 50 % de la valeur originelle (c'est-à-dire la moitié du couple d'installation spécifié).

## **7.6 Essais de caractérisation des élastomères**

### **7.6.1 Généralités**

Ces essais doivent être effectués sur des échantillons prélevés sur les composants élastomères ou des plaquettes et boutons d'essai selon le cas. Les données issues de ces essais, ainsi que les valeurs garanties par le fournisseur, doivent servir de base à la réception des essais sur échantillon en cours de production.

### **7.6.2 Essais**

Les essais indiqués au tableau 2 doivent être effectués. Les valeurs d'essai doivent être comprises dans les valeurs garanties par le fournisseur.

- Acceptance criteria

At the end of the test the torque required to maintain the agreed angle shall be not less than 70 % of the initial value, there shall be no deterioration in the metal component of the spacer, and the residual tightening torque of the clamp fastener (if threaded) shall be not less than 50 % of the original value (i.e. half the specified installation torque).

## **7.6 Tests to characterise elastomers**

### **7.6.1 General**

These tests shall be performed on samples taken from elastomeric components or test slabs and buttons as appropriate. These test data, along with supplier's guaranteed values, shall form the basis for acceptance of sample tests during production.

### **7.6.2 Tests**

The tests reported in table 2 shall be performed. The test values shall fall within the values guaranteed by the supplier.

**Tableau 2 – Essais sur les élastomères**

Essais recommandés	Valeur prescrite	Méthodes d'essai
<p><b>Essais à température ambiante</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Masse volumique et densité</li> <li>– Caractéristiques de vulcanisation</li> <li>– Dureté shore A</li> <li>– Propriétés de traction                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Résistance à la traction</li> <li>Allongement à la rupture</li> <li>Module à 100 % d'allongement</li> <li>Module à 300 % d'allongement</li> </ul> </li> <li>– Rémanence à la compression 70 h, 20 °C</li> <li>– Résilience de rebondissement à 20 °C</li> <li>– Résistance à l'ozone</li> <li>– Résistance à l'abrasion</li> <li>– Résistance à la déchirure</li> <li>– Résistance électrique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plage spécifiée par le fournisseur</li> <li>Plage spécifiée par le fournisseur</li> <li>Plage spécifiée par le fournisseur</li> <li>Valeur min. spécifiée par le fournisseur</li> <li>Valeur max. spécifiée par le fournisseur</li> <li>Plage spécifiée par le fournisseur</li> <li>Conforme à 7.6.3</li> <li>Valeur min. spécifiée par le fournisseur</li> <li>Valeur min. spécifiée par le fournisseur</li> <li>Plage spécifiée par le fournisseur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISO 1183 – ISO 2781</li> <li>ISO 3417</li> <li>ISO 868</li> <li>ISO 37</li> <li>ISO 37</li> <li>ISO 37</li> <li>ISO 37</li> <li>ISO 37</li> <li>ISO 815</li> <li>ISO 4662</li> <li>ISO 1431-1</li> <li>ISO 4649</li> <li>ISO 34-1/34-2</li> <li>Selon 7.7.2</li> </ul>
<p><b>Essais à haute température</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Rémanence à la compression 70 h, 100 °C</li> <li>– Résilience de rebondissement à 100 °C</li> <li>– Immersion dans l'eau                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Changement de volume</li> <li>Changement de poids</li> </ul> </li> <li>– Conditionnement à l'huile* 72 h, 70 °C                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Changement de volume</li> <li>Changement de poids</li> <li>Changement de dureté</li> <li>Changement de résistance à la traction</li> <li>Changement d'allongement à la rupture</li> </ul> </li> <li>– Vieillessement en étuve à air 72 h, 70 °C                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Changement de volume</li> <li>Changement de poids</li> <li>Changement de dureté</li> <li>Changement de résistance à la traction</li> <li>Changement d'allongement à la rupture</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valeur max. spécifiée par le fournisseur</li> <li>Plage spécifiée par le fournisseur</li> <li>Valeur max. spécifiée par le fournisseur</li> <li>Valeur max. spécifiée par le fournisseur</li> <li>Plage spécifiée par le fournisseur</li> <li>Valeur max. spécifiée par le fournisseur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISO 815</li> <li>ISO 4662</li> <li>ISO 1817</li> <li>ISO 188</li> <li>ISO 188</li> <li>ISO 188</li> <li>ISO 188</li> <li>ISO 188</li> <li>ISO 188</li> </ul>
<p><b>Essais à basse température</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Fragilité</li> <li>– Rémanence à la compression 70 h à la température minimale de service de l'utilisateur</li> <li>– Résilience de rebondissement à la température minimale de service de l'utilisateur</li> <li>– Module de température T10</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valeur min. spécifiée par le fournisseur</li> <li>Valeur max. spécifiée par le fournisseur</li> <li>Plage spécifiée par le fournisseur</li> <li>Plage spécifiée par le fournisseur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISO 812</li> <li>ISO 815</li> <li>ISO 4662</li> <li>ISO 2921</li> </ul>
<p>* Le type d'huile pour essai doit être convenu entre acheteur et fournisseur.</p>		

**Table 2 – Tests on elastomers**

<b>Recommended tests</b>	<b>Required value</b>	<b>Test methods</b>
<p align="center"><b>Room temperature tests</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Specific gravity and density</li> <li>– Vulcanization characteristics</li> <li>– Hardness shore A</li> <li>– Tensile properties <ul style="list-style-type: none"> <li>Tensile strength</li> <li>Ultimate elongation</li> <li>Modulus at 100 % elongation</li> <li>Modulus at 300 % elongation</li> </ul> </li> <li>– Compression set 70 h, 20 °C</li> <li>– Rebound resilience at 20 °C</li> <li>– Ozone resistance</li> <li>– Abrasion resistance</li> <li>– Tear resistance</li> <li>– Electrical resistance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Supplier specified range</li> <li>Supplier specified range</li> <li>Supplier specified range</li> <li>Supplier specified min. value</li> <li>Supplier specified max. value</li> <li>Supplier specified range</li> <li>To meet 7.6.3</li> <li>Supplier specified min. value</li> <li>Supplier specified min. value</li> <li>Supplier specified range</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISO 1183 – ISO 2781</li> <li>ISO 3417</li> <li>ISO 868</li> <li>ISO 37</li> <li>ISO 37</li> <li>ISO 37</li> <li>ISO 37</li> <li>ISO 37</li> <li>ISO 815</li> <li>ISO 4662</li> <li>ISO 1431-1</li> <li>ISO 4649</li> <li>ISO 34-1/34-2</li> <li>As per 7.7.2</li> </ul>
<p align="center"><b>High temperature tests</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Compression set, 70 h, 100 °C</li> <li>– Rebound resilience at 100 °C</li> <li>– Water immersion <ul style="list-style-type: none"> <li>Volume change</li> <li>Weight change</li> </ul> </li> <li>– Oil* conditioning 72 h, 70 °C <ul style="list-style-type: none"> <li>Volume change</li> <li>Weight change</li> <li>Hardness change</li> <li>Tensile strength change</li> <li>Ultimate elongation change</li> </ul> </li> <li>– Air-oven ageing, 72 h, 70 °C <ul style="list-style-type: none"> <li>Volume change</li> <li>Weight change</li> <li>Hardness change</li> <li>Tensile strength change</li> <li>Ultimate elongation change</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Supplier specified max. value</li> <li>Supplier specified range</li> <li>Supplier specified max. value</li> <li>Supplier specified max. value</li> <li>Supplier specified range</li> <li>Supplier specified max. value</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISO 815</li> <li>ISO 4662</li> <li>ISO 1817</li> <li>ISO 188</li> <li>ISO 188</li> <li>ISO 188</li> <li>ISO 188</li> <li>ISO 188</li> </ul>
<p align="center"><b>Low temperature tests</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Brittleness</li> <li>– Compression set, 70 h, at minimum user service temperature</li> <li>– Rebound resilience at minimum user service temperature</li> <li>– T10 Modulus temperature</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Supplier specified min. value</li> <li>Supplier specified max. value</li> <li>Supplier specified range</li> <li>Supplier specified range</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISO 812</li> <li>ISO 815</li> <li>ISO 4662</li> <li>ISO 2921</li> </ul>
* The test oil shall be agreed between purchaser and supplier.		

### 7.6.3 Essai de résistance à l'ozone

- Application

L'objet de cet essai est de vérifier la résistance de l'élastomère à l'attaque par l'ozone, qui est universellement présent dans l'atmosphère et est produit par les décharges électriques autour des conducteurs à haute tension (effet couronne).

- Procédures d'essai

Il existe plusieurs procédures d'essais couvertes par des normes internationales. La méthode d'essai à utiliser doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur. La méthode recommandée est décrite dans l'ISO 1431-1, procédure A, et les paramètres suivants sont recommandés

Température de la chambre à ozone	(40 ± 2) °C
Concentration d'ozone	(50 ± 5) pp hm
Durée d'exposition	72 h

En ce qui concerne les éprouvettes, l'ISO 1431-1, procédure A, prescrit de fines bandes d'essai rectangulaires allongées de 20 % par serrage. L'essai peut également être effectué sur des composants élastomères finis. Dans ce cas, les composants élastomères doivent être essayés dans leur logement métallique, et au moins un d'entre eux doit être soumis à la déformation en traction maximale autorisée par la conception de l'entretoise. Dans les deux cas, l'élastomère à essayer doit être maintenu pendant 48 h dans l'obscurité avant d'être placé dans la chambre à ozone.

- Critères de réception

L'attaque par l'ozone se manifeste en général par la formation de quelques fissures profondes ou d'une myriade de petites fissures parallèles. Elles se produisent perpendiculairement à la direction de la contrainte appliquée. Aucune fissure ne doit être visible sous grossissement  $\times 7$  à la surface des éprouvettes allongées ou déformées comme décrit ci-dessus.

## 7.7 Essais électriques

### 7.7.1 Essais d'effet couronne et de tension de perturbations radioélectriques

Les essais doivent être effectués conformément à l'article 14 de la CEI 61284.

### 7.7.2 Essai de résistance électrique

L'objet de l'essai est de vérifier que la conductivité des divers composants est telle que les différences de potentiel et les passages de courant n'entraînent pas de détérioration des composants des entretoises ou des conducteurs.

La résistance électrique doit être mesurée entre chaque paire de sous-conducteurs.

Lorsque des shunts conducteurs sont utilisés et qu'en raison de considérations particulières de conception, il n'existe pas de shunt entre toutes les paires de sous-conducteurs, la résistance doit être mesurée entre les deux composants les plus éloignés de l'entretoise supposés être connectés par un shunt.

Une méthode appropriée doit être appliquée pour la mesure de la résistance.

Le paramètre d'essai et les résultats d'essai doivent être enregistrés.

### 7.6.3 Ozone resistance test

- Scope

The purpose of this test is to verify the resistance of the elastomer to the attack of ozone, universally present in the atmosphere and generated by the electrical discharges around high-voltage cables (corona).

- Test procedures

There are several test procedures covered by international standards. The test method to be used shall be agreed between purchaser and supplier. The recommended method is described in ISO 1431-1, procedure A, and the following parameters are recommended.

Ozone chamber temperature	(40 ± 2) °C
Ozone concentration	(50 ± 5) pp hm (parts per hundred million of air by volume)
Exposure time	72 h

As far as specimens are concerned, ISO 1431-1 (procedure A) prescribes thin rectangular test strips clamped at an elongation of 20 %. Alternatively, the test may be performed on finished elastomer components. The elastomer components shall be tested in their metal housing and at least one of them shall be subjected to the maximum tensile deformation allowed by the spacer design. In both cases, the elastomer under test shall be conditioned for 48 hours in the dark at room temperature before being placed in the ozone chamber.

- Acceptance criteria

Ozone attack is usually evidenced by the formation of a few deep cracks or a myriad of small parallel cracks. They occur at right angles to the direction of applied stress. No cracks shall be observed at ×7 magnification on the surface of the specimens elongated or deformed as above.

## 7.7 Electrical tests

### 7.7.1 Corona and radio interference voltage (RIV) tests

The tests shall be carried out according to clause 14 of IEC 61284.

### 7.7.2 Electrical resistance test

The purpose of the test is to verify that the conductivity of the various components is such that potential differences and current flows do not result in deterioration of spacer components or conductors.

The electrical resistance shall be measured between each pair of subconductors.

When conductive current paths are used and, due to special design considerations, conductive current paths do not exist between all pairs of subconductors, the resistance shall be measured between the two most remote spacer components which are supposed to be connected via a conductive path.

An appropriate method shall be applied for measuring the resistance.

The test parameter and the test results shall be recorded.

- Critères de réception

Toutes les mesures de résistance électrique obtenues doivent être dans la plage convenue entre l'acheteur et le fournisseur.

### **7.8 Vérification du comportement vibratoire du système faisceau/entretoise**

Les critères et les essais destinés à contrôler le comportement vibratoire du système faisceau/entretoise peuvent être convenus entre l'acheteur et le fournisseur sur la base des suggestions contenues à l'annexe D.

- Acceptance criteria

All the electrical resistance measurements obtained shall be in the range agreed between purchaser and supplier.

### **7.8 Verification of vibration behaviour of the bundle/spacer system**

Criteria and tests to verify the vibration behaviour of the bundle/spacer system can be agreed between purchaser and supplier following the suggestions reported in annex D.

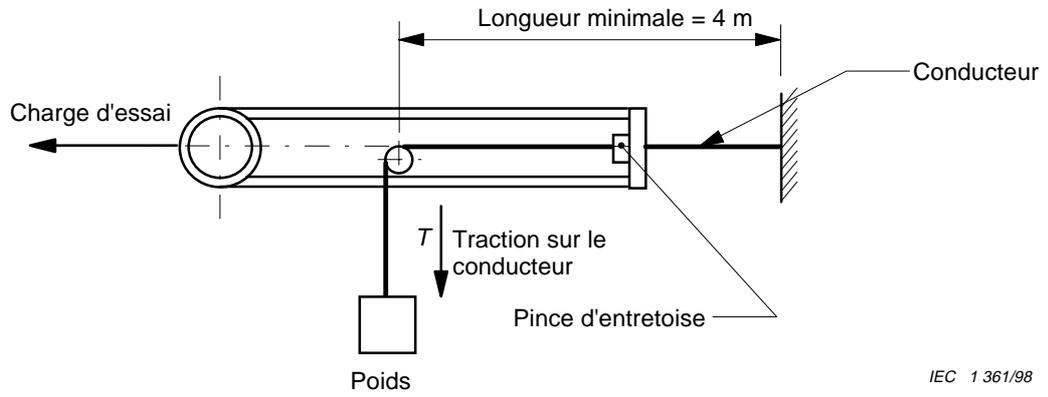


Figure 1a - Méthode A

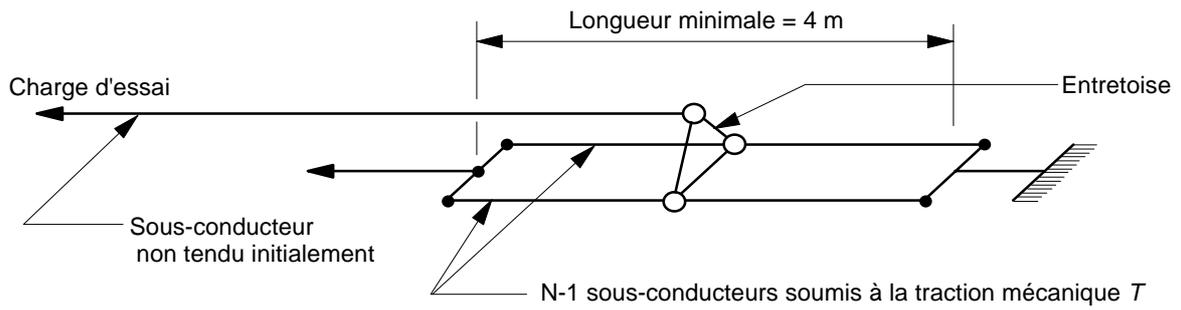


Figure 1b - Méthode B

Figure 1 - Dispositifs d'essai pour les essais de glissement longitudinal

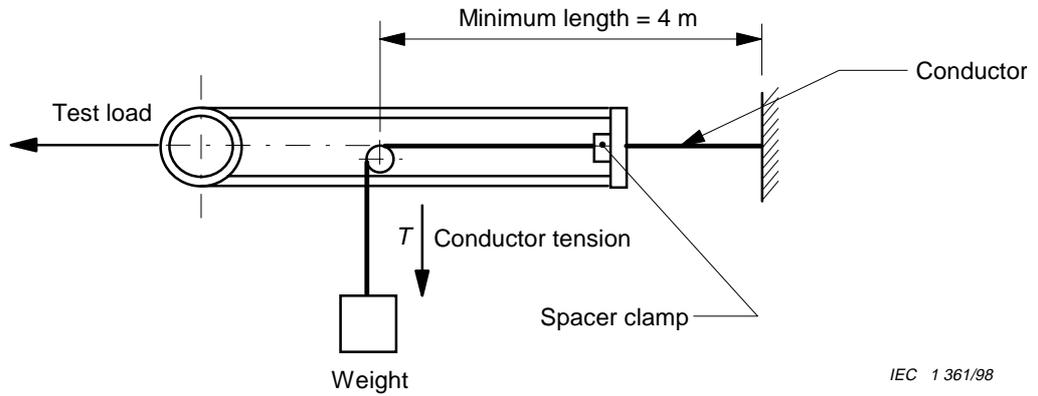


Figure 1a – Method A

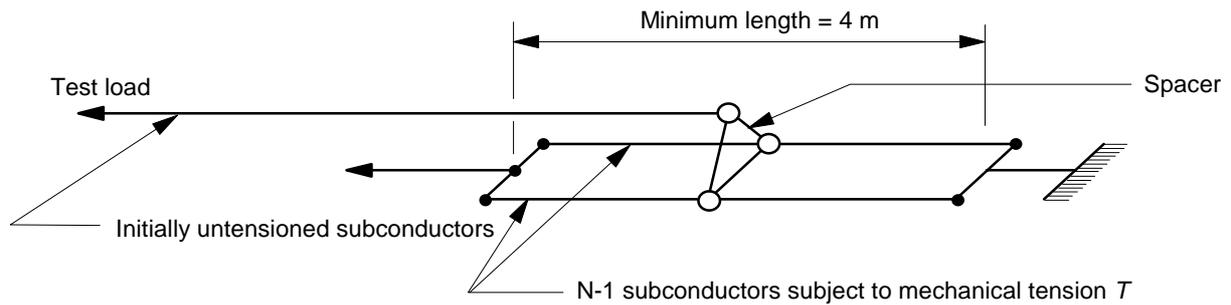


Figure 1b – Method B

Figure 1 – Test arrangements for longitudinal slip tests

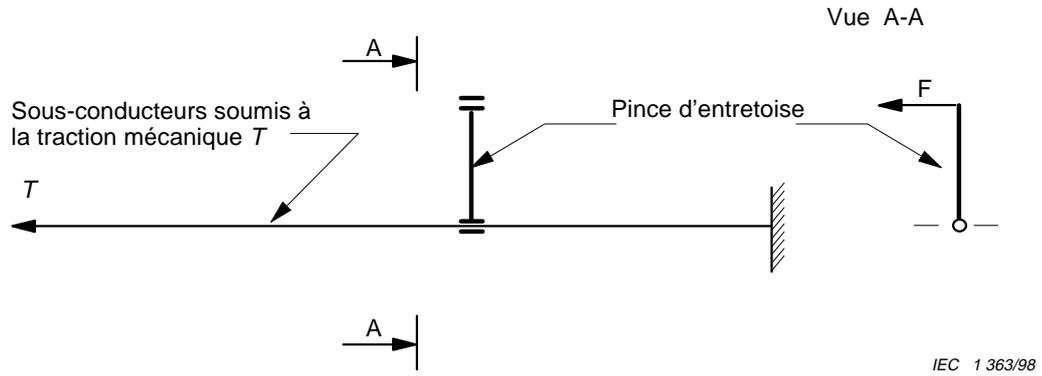


Figure 2a – Méthode A

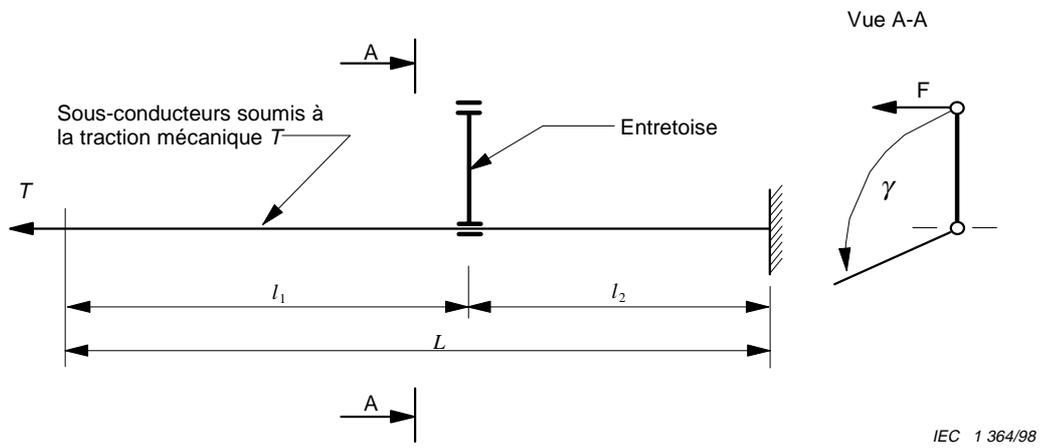


Figure 2b – Méthode B

Figure 2 – Dispositifs d'essai pour les essais de glissement en torsion

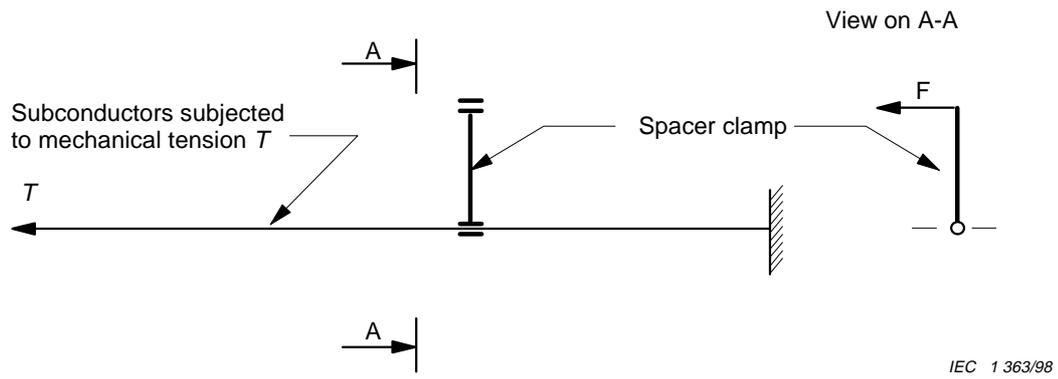


Figure 2a – Method A

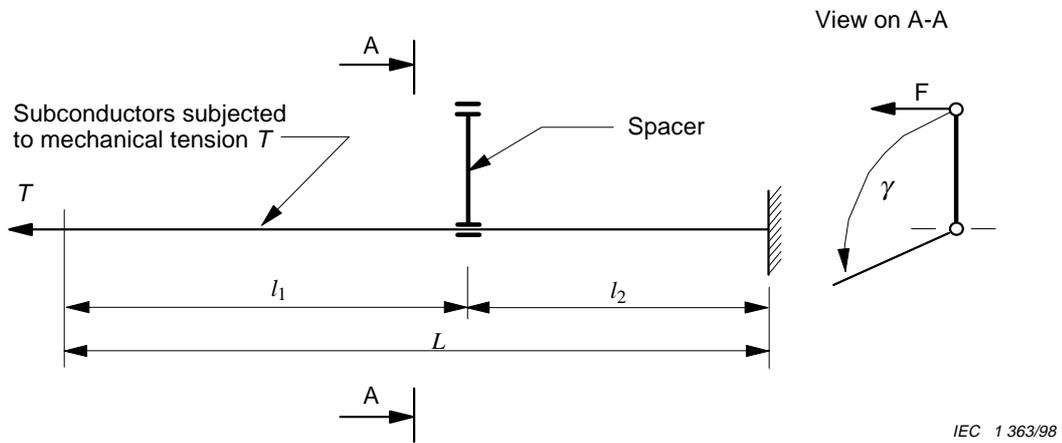
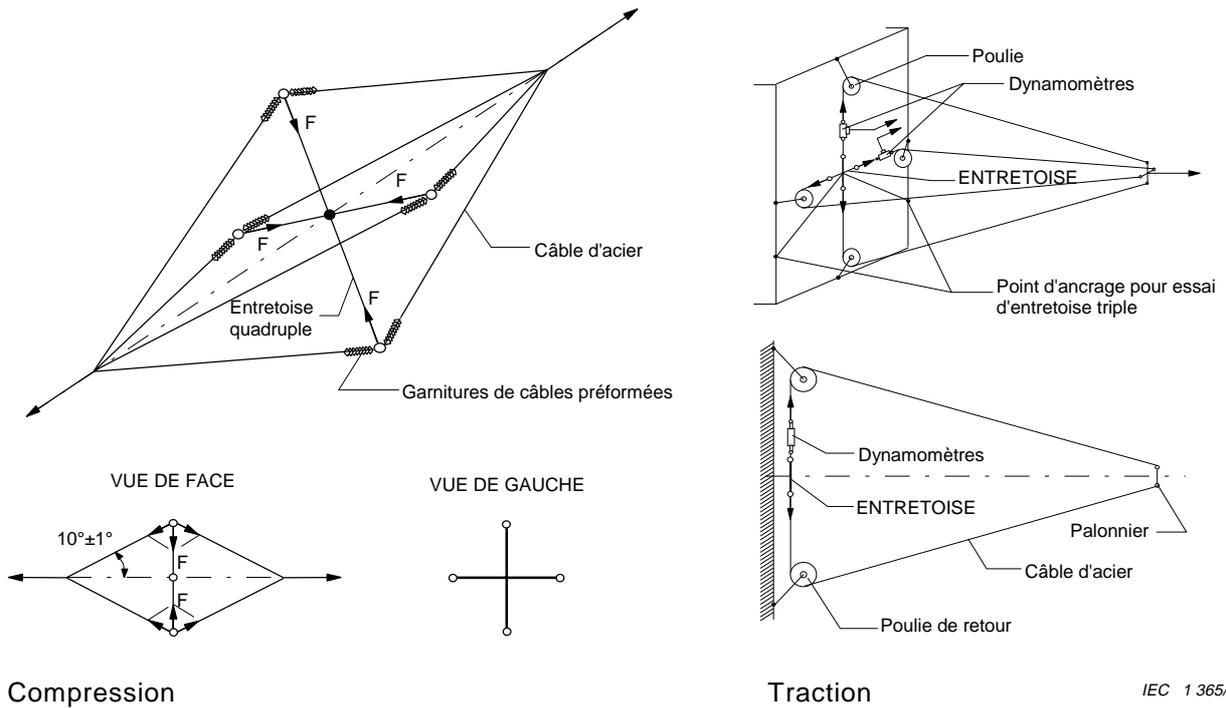


Figure 2b – Method B

Figure 2 – Test arrangements for torsional slip tests



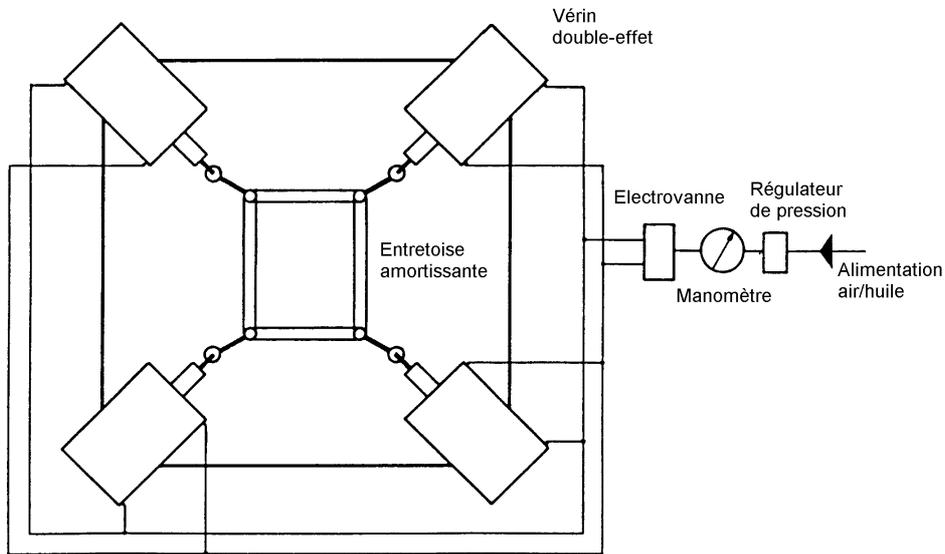
Compression

Traction

IEC 1 365/98

NOTE – Le sous-conducteur peut être remplacé par des câbles en acier équipés de garnitures de câbles préformées de manière à amener le câble au même diamètre que le conducteur. Ces câbles doivent également être déformés de telle manière que l'angle entre un sous-conducteur et l'axe du faisceau soit égal à  $(10 \pm 1)^\circ$ .

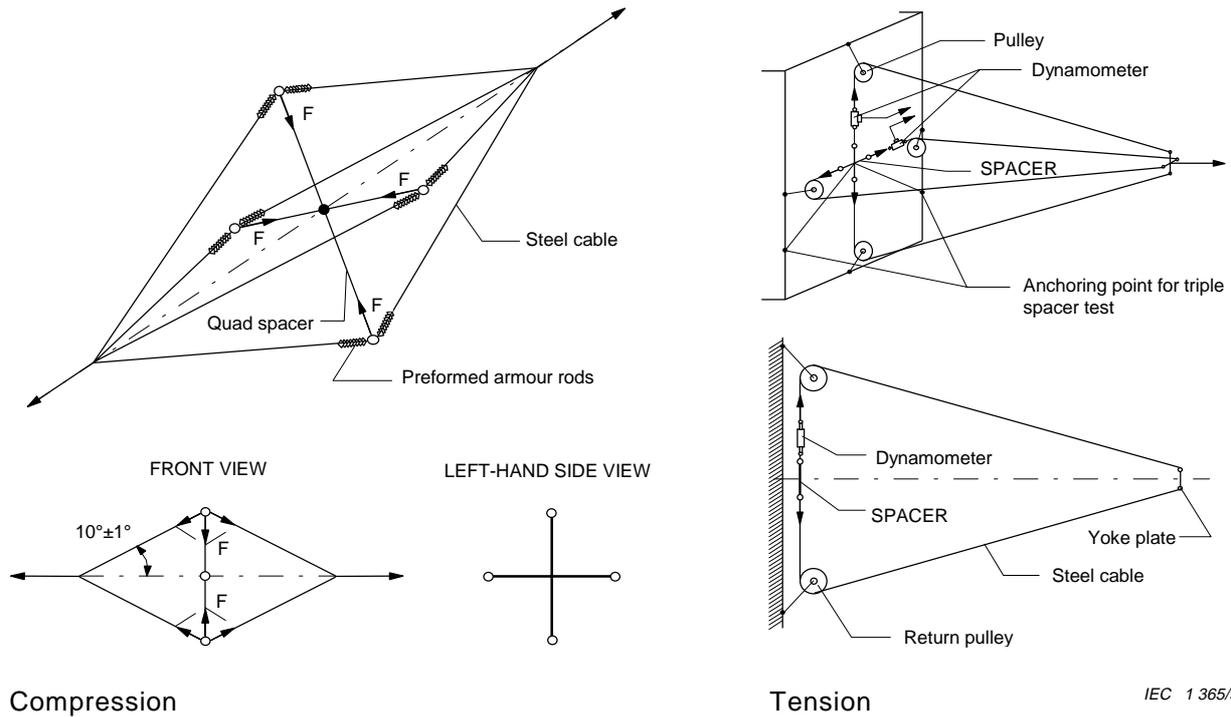
Figure 3a – Variante A



IEC 1 366/98

Figure 3b – Variante B

Figure 3 – Exemples de dispositifs d'essai de courant de court-circuit simulé et de compression-traction



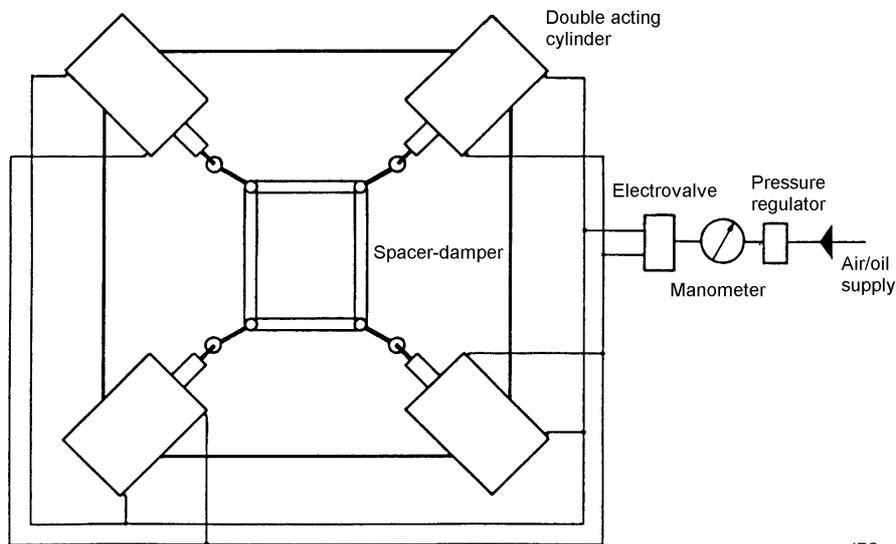
Compression

Tension

IEC 1365/98

NOTE – The subconductors may be replaced by steel cables of smaller diameter fitted with preformed armour rods in order to match the conductor diameter. These cables shall be so deformed that the angle between a subconductor and the axis of the bundle is equal to  $(10 \pm 1)^\circ$ .

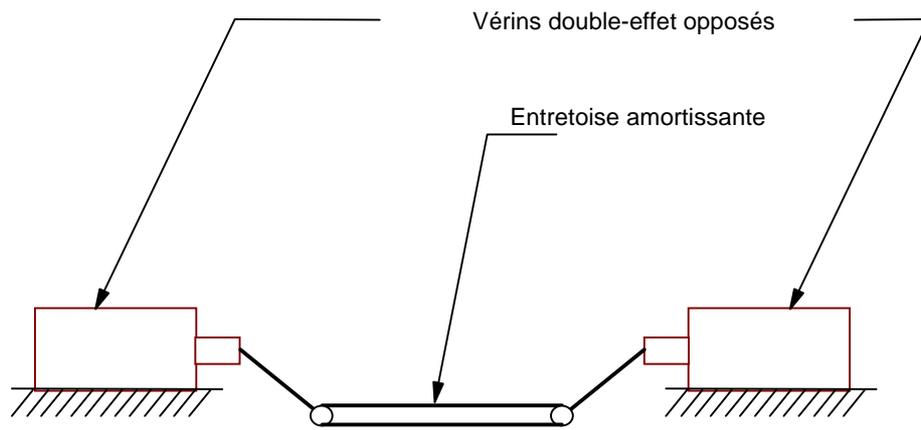
Figure 3a – Variant A



IEC 1366/98

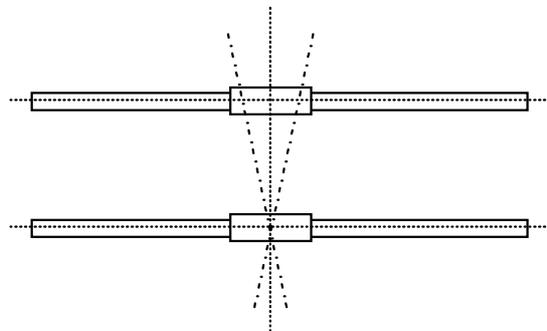
Figure 3b – Variant B

Figure 3 – Test arrangements for simulated short-circuit current tests



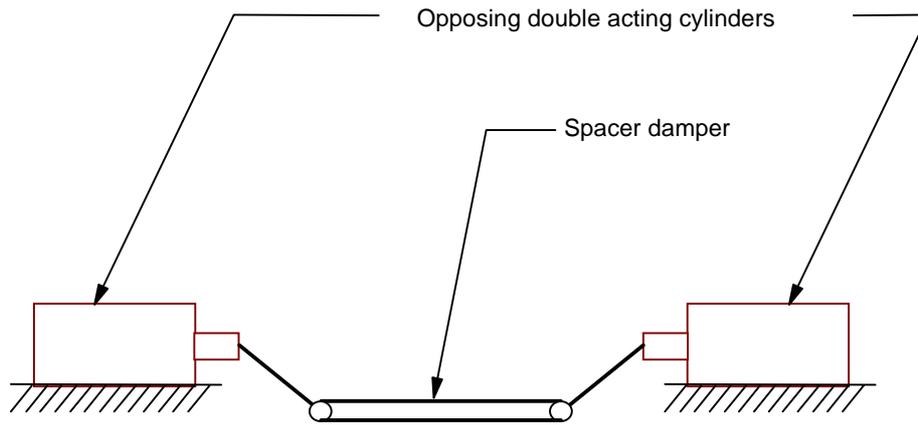
IEC 1 367/98

Figure 4 – Exemple de dispositif d'essai de compression et de traction



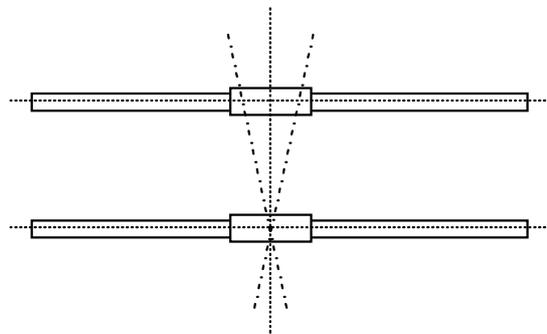
IEC 1 368/98

Figure 5 – Exemple d'essai de déplacement longitudinal



IEC 1 367/98

Figure 4 – Example of device for compression and tension test



IEC 1 368/98

Figure 5 – Sketch of longitudinal displacement test

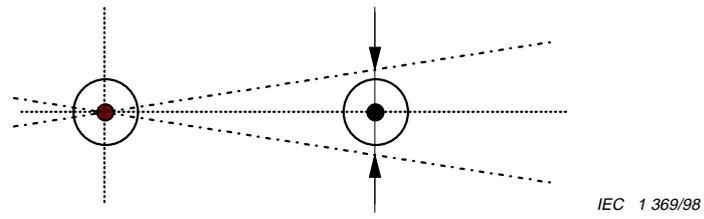
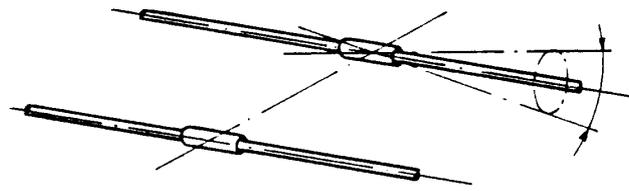
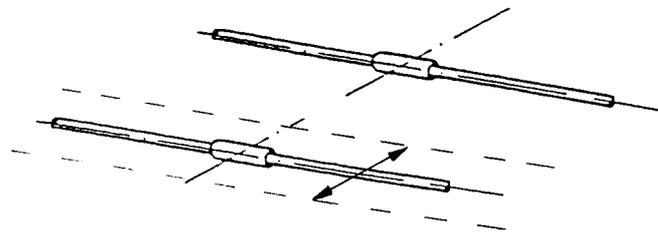


Figure 6 – Exemple d'essai de déplacement vertical



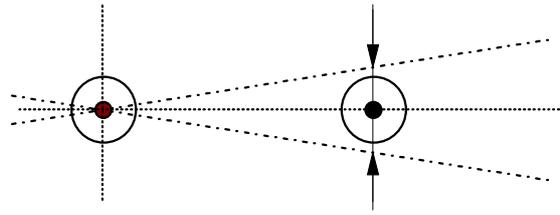
IEC 1 370/98

Figure 7 – Exemple d'essai de déplacement conique



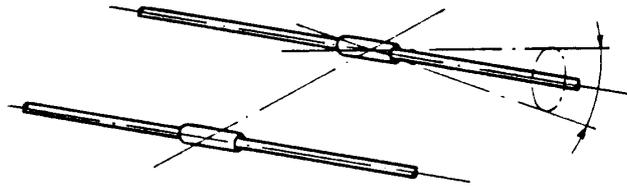
IEC 1 371/98

Figure 8 – Exemple d'essai de déplacement horizontal transversal



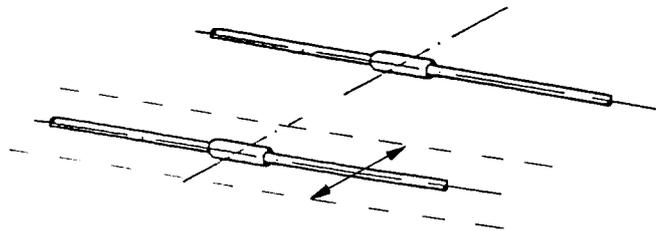
IEC 1 369/98

**Figure 6 – Sketch of vertical displacement test**



IEC 1 370/98

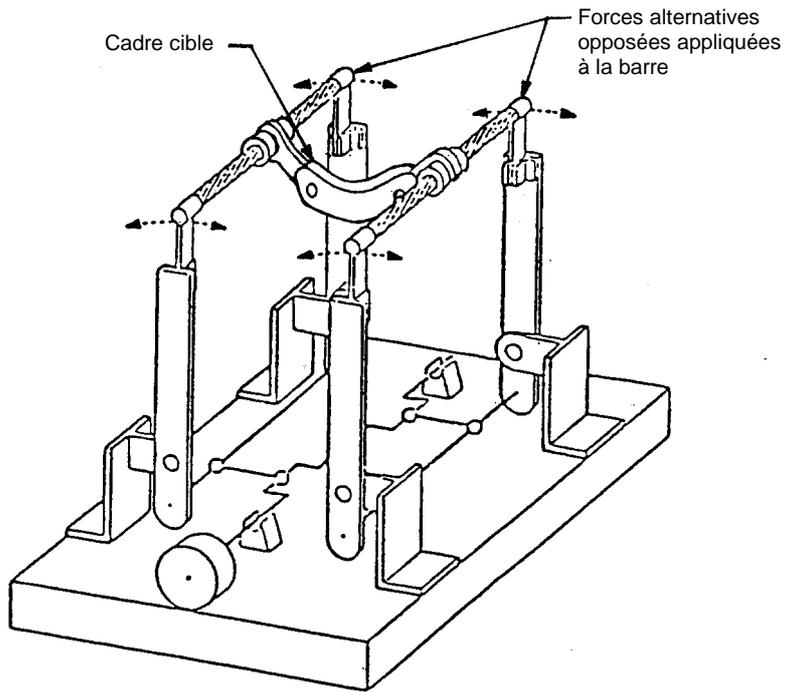
**Figure 7 – Sketch of conical displacement test**



IEC 1 371/98

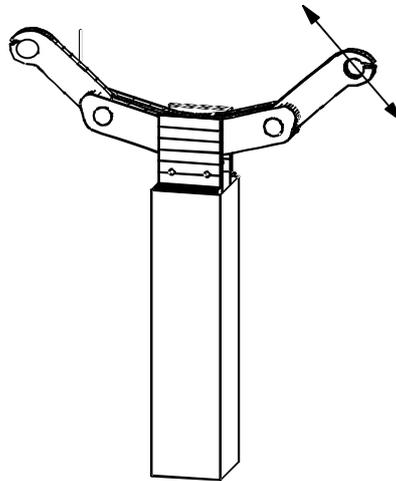
**Figure 8 – Sketch of transverse horizontal displacement test**

.....



IEC 1372/98

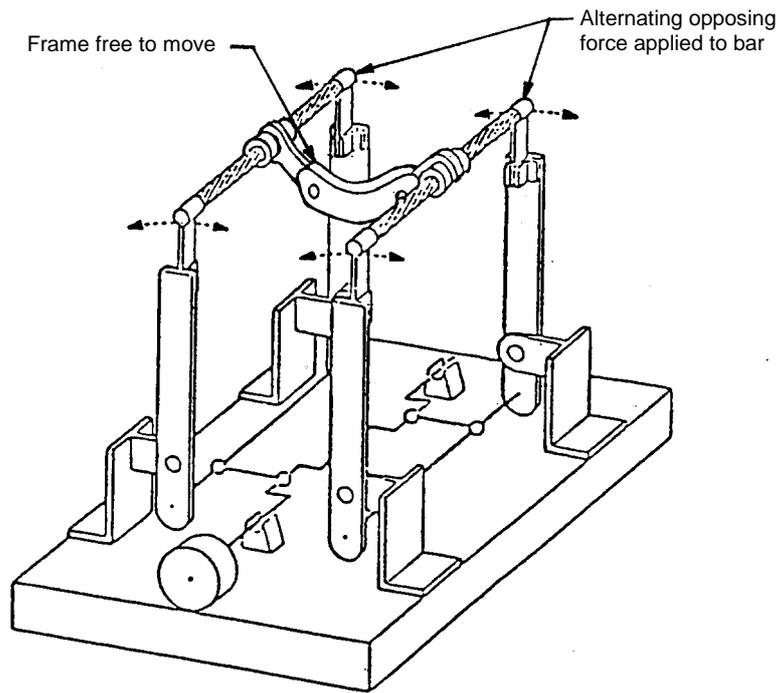
Figure 9a – Cadre d'entretoise libre



IEC 1373/98

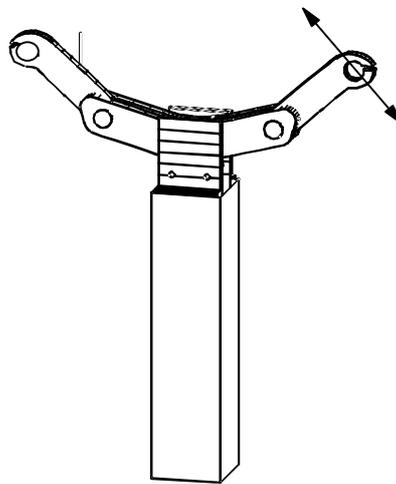
Figure 9b – Cadre d'entretoise fixé

Figure 9 – Montages d'essais d'oscillations de sous-portée



IEC 1 372/98

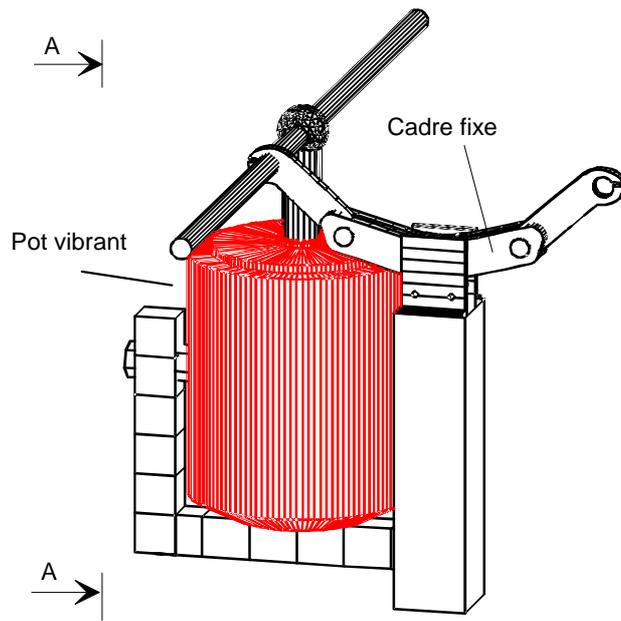
Figure 9a – Spacer frame free to move



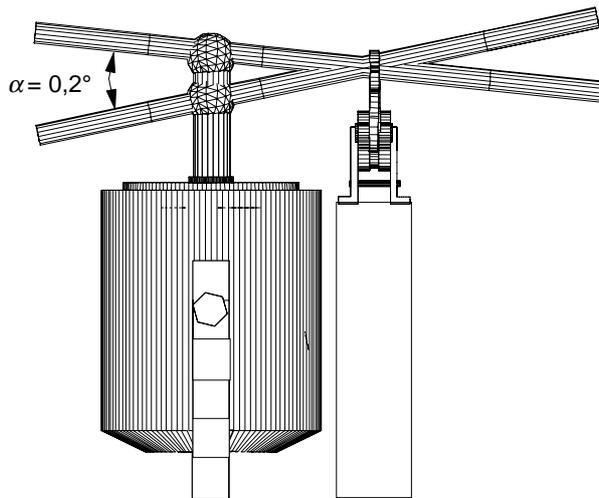
IEC 1 373/98

Figure 9b – Spacer frame fixed

Figure 9 – Test arrangements for subspan oscillation tests

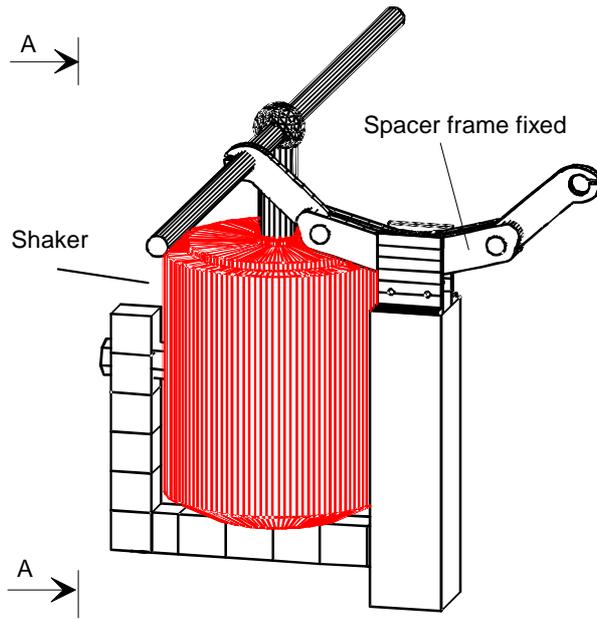


Vue A - A

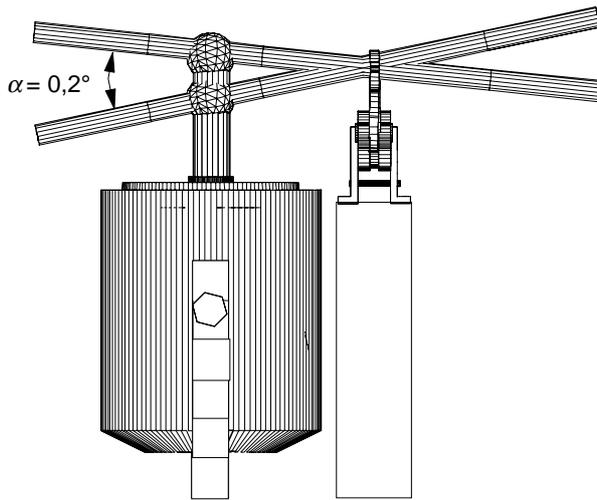


IEC 1 374/98

Figure 10 – Exemple d'essai de vibration éolienne au niveau d'un noeud



View A - A



IEC 1374/98

Figure 10 – Example of aeolian vibration test at a node

## Annexe A (normative)

### Informations techniques minimales à convenir entre acheteur et fournisseur

Paragraphe de référence	Option d'essai	Informations à convenir
6.2.3 Echantillonnage et critères de réception	Inspection par variables	Niveau de contrôle, NQA, instructions d'échantillonnage
	Inspection par attributs	Niveau de contrôle, NQA, instructions d'échantillonnage
7.5.1 Essais de glissement des pinces		Tolérance si usage de boulons fusibles
7.5.1.1 Essai de glissement longitudinal	Variante A	Valeurs spécifiées
	Variante B	Valeurs spécifiées
7.5.1.2 Essai de glissement en torsion	Variante A	Charge spécifiée
	Variante B	Angle de rotation $\gamma$
7.5.2 Essai de boulon fusible		Tolérance
7.5.3 Essai de serrage des boulons de pince		Tolérance si usage de boulons fusibles
7.5.4 Essai de court-circuit simulé	Courant de court-circuit simulé	Effort de compression
	Compression et traction	Effort de compression et de traction
7.5.5 Caractérisation des propriétés élastiques et d'amortissement	Détermination de la rigidité et de l'amortissement	
	Détermination de la rigidité	
	Détermination de l'amortissement	
7.5.6 Essais de flexibilité		Valeurs des déplacements: – longitudinal – vertical – conique – transversal
7.5.7.2 Essais de fatigue Oscillation de sous-portée		Nombre de cycles
7.7.1 Essais d'effet couronne et de tension de perturbations radioélectriques	Méthode en tension	Tension spécifiée d'extinction de l'effet couronne
	Méthode en gradient de tension	Gradient de tension spécifié d'extinction de l'effet couronne
7.7.2 Essai de résistance électrique		Plage de résistance électrique

## Annex A (normative)

### Minimum technical details to be agreed between purchaser and supplier

Reference subclause	Test option	Details to be agreed
6.2.3	Sampling and acceptance criteria	Inspection by variables
		Inspection by attributes
7.5.1	Clamp slip test	Tolerance if breakaway bolts are used
7.5.1.1	Longitudinal slip test	Variant A
		Variant B
7.5.1.2	Torsional slip test	Variant A
		Variant B
7.5.2	Breakaway bolt test	Tolerance
7.5.3	Clamp bolt tightening test	Tolerance if breakaway bolts are used
7.5.4	Simulated short-circuit test	Simulated short circuit current
		Compression and tension
7.5.5	Characterisation of the elastic and damping properties	Stiffness-damping-method
		Stiffness method
		Damping method
7.5.6	Flexibility tests	Values of the displacements: – longitudinal – vertical – conical – transversal
7.5.7.2	Fatigue tests – subspan oscillation	Number of cycles
7.7.1	Corona and radio interference voltage (RIV) tests	Voltage method
		Voltage gradient method
7.7.2	Electrical resistance test	Range of the electrical resistance

## Annexe B (informative)

### Forces de compression dans l'essai de courant de court-circuit simulé

Pour calculer la valeur de la force de compression, la formule suivante [9] peut être appliquée, sauf si une valeur différente est convenue entre l'acheteur et le fournisseur:

$$F_{\max} = K I_{\text{CC}} \sqrt{T \lg \frac{S}{D}}$$

où

$F_{\max}$  est la force maximale de compression (N);

$I_{\text{CC}}$  est le courant de court-circuit spécifié dans le faisceau (valeur  $I_{\text{eff}}$ ) (kA);

$T$  est l'effort de traction sur le sous-conducteur (N);

$S$  est le diamètre du faisceau (diamètre du cercle circonscrit) (m);

$D$  est le diamètre du sous-conducteur (m);

$K$  est le facteur dépendant du nombre de sous-conducteurs du faisceau [ $N^{0,5} A^{-1}$ ]:

Nombre de sous-conducteurs	Facteur $K$
2	1,585
3	1,450
4	1,260
6	1,014

#### Exemple 1

Type de faisceau: quadruple

Espacement:  $450 \times 10^{-3}$  m

Diamètre du faisceau  $S$ :  $636 \times 10^{-3}$  m

Type de sous-conducteur: ACSR Curlew

Diamètre total  $D$ :  $31,68 \times 10^{-3}$  m

Effort de traction  $T$ : 32 000 N

Courant de court-circuit  $I_{\text{CC}}$ : 50 kA

$$F_{\max} = 1,26 \times 50 \times \sqrt{32\,000 \times \lg \frac{636}{31,68}} = 12\,863 \text{ N}$$

## Annex B (informative)

### Compressive forces in the simulated short-circuit current test

To calculate the value of the compressive force, the following formula [9] may be applied, unless a different value is agreed between purchaser and supplier:

$$F_{\max} = K I_{\text{cc}} \sqrt{T \lg \frac{S}{D}}$$

where

$F_{\max}$  is the maximum compressive force (N);

$I_{\text{cc}}$  is the specified short-circuit current in the bundle ( $I_{\text{rms}}$  value) (kA);

$T$  is the subconductor tensile load (N);

$S$  is the bundle diameter (diameter of the circumscribing circle) (m);

$D$  is the subconductor diameter (m);

$K$  is the factor depending on the number of subconductors in the bundle [ $\text{N}^{0,5} \text{A}^{-1}$ ]:

Number of subconductors	$K$ factor
2	1,585
3	1,450
4	1,260
6	1,014

#### Example 1

Bundle type: quad

Spacing:  $450 \times 10^{-3}$  m

Bundle diameter  $S$ :  $636 \times 10^{-3}$  m

Subconductor type: ACSR Curlew

Overall diameter  $D$ :  $31,68 \times 10^{-3}$  m

Tensile load  $T$ : 32 000 N

Short-circuit current  $I_{\text{cc}}$ : 50 kA

$$F_{\max} = 1,26 \times 50 \times \sqrt{32\,000 \times \lg \frac{636}{31,68}} = 12\,863 \text{ N}$$

Exemple 2

Type de faisceau:	double
Espacement:	$400 \times 10^{-3}$ m
Diamètre du faisceau <i>S</i> :	$400 \times 10^{-3}$ m
Type de sous-conducteur:	AAAC Flint
Diamètre total <i>D</i> :	$25,16 \times 10^{-3}$ m
Effort de traction <i>T</i> :	21 700 N
Courant de court-circuit <i>I<sub>cc</sub></i> :	20 kA

$$F_{\max} = 1,585 \times 20 \times \sqrt{21\,700 \times \lg \frac{400}{25,16}} = 5\,118 \text{ N}$$

## Example 2

Bundle type:	twin
Spacing:	$400 \times 10^{-3}$ m
Bundle diameter $S$ :	$400 \times 10^{-3}$ m
Subconductor type:	AAAC Flint
Overall diameter $D$ :	$25,16 \times 10^{-3}$ m
Tensile load $T$ :	21 700 N
Short-circuit current $I_{CC}$ :	20 kA

$$F_{\max} = 1,585 \times 20 \times \sqrt{21\,700 \times \lg \frac{400}{25,16}} = 5\,118 \text{ N}$$

**Annexe C**  
(informative)

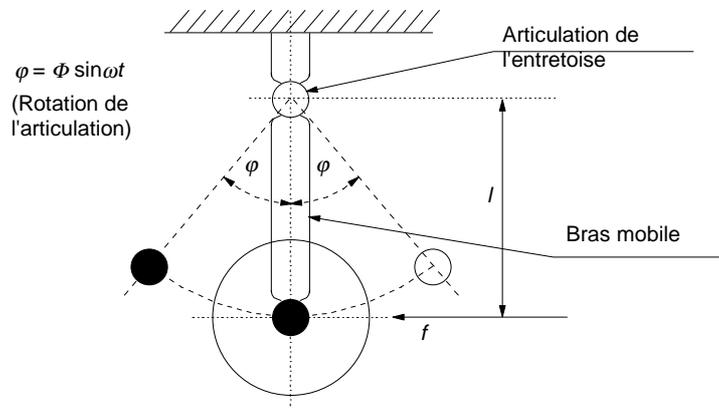
**Caractérisation des propriétés élastiques et d'amortissement**  
**Méthode de détermination de la rigidité et de l'amortissement**

Par référence à la figure C.1, la rotation du bras de l'entretoise autour du centre de l'articulation, en prenant comme hypothèse  $\frac{H_t}{\omega}$  comme l'amortissement visqueux équivalent de l'articulation et la force  $f$  toujours perpendiculaire au bras, est exprimée par l'équation:

$$J \cdot \varphi'' + \frac{H_t}{\omega} \cdot \varphi' + K_t \cdot \varphi = f \cdot l \tag{C.1}$$

où

- $J$  est le moment d'inertie du bras par rapport au centre de rotation;
- $\varphi, \varphi', \varphi''$  sont la valeur instantanée de l'angle de rotation du bras et les dérivées associées première et seconde;
- $\omega$  est la fréquence circulaire;
- $H_t$  est la constante d'amortissement;
- $K_t$  est la rigidité en torsion;
- $f$  est la valeur instantanée de la force appliquée;
- $l$  est la longueur du bras.



IEC 1 375/98

**Figure C.1 - Rotation du bras de l'entretoise autour du centre de l'articulation**

En supposant une force sinusoïdale

$$f = F \times e^{j\omega t} \text{ (} F = \text{valeur crête, représentation complexe)}$$

l'angle de rotation sera sinusoïdal

$$\varphi = \Phi \cdot e^{j\omega t} \cdot e^{-j\alpha} \text{ (} \Phi = \text{valeur crête)}$$

et satisfera à l'équation (C.1)

$$-\omega^2 \cdot \Phi \cdot e^{j\omega t} \cdot e^{-j\alpha} + H_t \cdot j \cdot \Phi \cdot e^{j\omega t} \cdot e^{-j\alpha} + K_t \cdot \Phi \cdot e^{j\omega t} \cdot e^{-j\alpha} = F \cdot l \cdot e^{j\omega t} \tag{C.2}$$

## Annex C (informative)

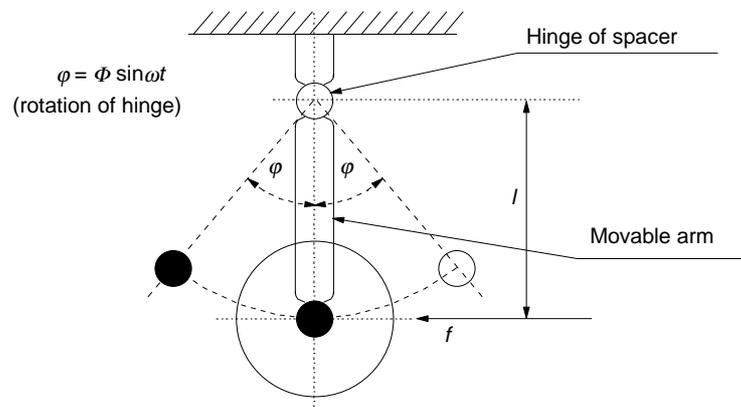
### Characterisation of the elastic and damping properties Stiffness-Damping Method

With reference to figure C.1, by assuming  $\frac{H_t}{\omega}$  as the equivalent viscous damping of the hinge and the force  $f$  always perpendicular to the arm, the rotation of the spacer arm around the centre of the hinge is described by the equation:

$$J \cdot \varphi'' + \frac{H_t}{\omega} \cdot \varphi' + K_t \cdot \varphi = f \cdot l \quad (\text{C.1})$$

where

- $J$  is the moment of the inertia of the arm in respect of the centre of rotation;
- $\varphi, \varphi', \varphi''$  are respectively the instantaneous values of the angle of rotation of the arm and the associated first and second derivative;
- $\omega$  is the circular frequency;
- $H_t$  is the damping constant;
- $K_t$  is the torsional stiffness;
- $f$  is the instantaneous value of the applied force;
- $l$  is the arm length.



IEC 1 375/98

**Figure C.1 – Rotation of spacer arm around the centre of the hinge**

By assuming a sinusoidal force

$$f = F \times e^{j\omega t} \quad (F = \text{peak value, complex representation})$$

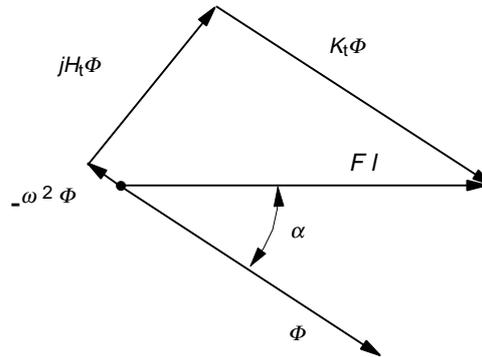
the angle of rotation will be sinusoidal

$$\varphi = \Phi \cdot e^{j\omega t} \cdot e^{-j\alpha} \quad (\Phi = \text{peak value})$$

and will satisfy equation (C.1)

$$-\omega^2 \cdot \Phi \cdot e^{j\omega t} \cdot e^{-j\alpha} + H_t \cdot j \cdot \Phi \cdot e^{j\omega t} \cdot e^{-j\alpha} + K_t \cdot \Phi \cdot e^{j\omega t} \cdot e^{-j\alpha} = F \cdot l \cdot e^{j\omega t} \quad (\text{C.2})$$

La représentation du vecteur correspondant est illustrée à la figure C.2.



IEC 1376/98

Figure C.2 – Représentation vectorielle de l'équation C.2

A très basse fréquence  $\nu$  ( $\omega = 2 \pi \nu$ ) et pour une entretoise amortissante classique,  $\omega^2 \cdot J \cdot \Phi$  peut être négligé par rapport à  $K_t \cdot \Phi$ ; de ce fait

$$\tan \alpha = \frac{H_t}{K_t}$$

$$\text{et, } K_t = \frac{F \cdot l \cdot \cos \alpha}{\Phi}$$

L'énergie dissipée par l'articulation en une période est égale à

$$E = \int f \cdot l \cdot d\varphi = \int f \cdot l \cdot \frac{d\varphi}{dt} \cdot dt$$

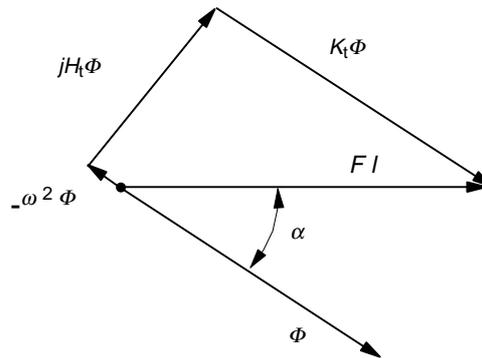
et avec

$$f = F \cdot \sin \omega t$$

$$\varphi = \Phi \cdot \sin (\omega t - \alpha)$$

$$E = F \cdot l \cdot \Phi \cdot \omega \cdot \int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} \sin \omega t \cdot \cos (\omega t - \alpha) \cdot dt = \pi \cdot F \cdot l \cdot \Phi \cdot \sin \alpha$$

The relevant vector representation is illustrated in figure C.2.



IEC 1376/98

**Figure C.2 – Vector representation of equation C.2**

For very low frequency  $\nu$  ( $\omega = 2 \pi \nu$ ) and for a typical spacer damper, it is possible to neglect  $\omega^2 \cdot J \cdot \Phi$  with respect to  $K_t \cdot \Phi$ , therefore

$$\tan \alpha = \frac{H_t}{K_t}$$

$$\text{and, } K_t = \frac{F \cdot l \cdot \cos \alpha}{\Phi}$$

The energy dissipated by the hinge in one period is equal to

$$E = \int f \cdot l \cdot d\varphi = \int f \cdot l \cdot \frac{d\varphi}{dt} \cdot dt$$

and with

$$f = F \cdot \sin \omega t$$

$$\varphi = \Phi \cdot \sin (\omega t - \alpha)$$

$$E = F \cdot l \cdot \Phi \cdot \omega \cdot \int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} \sin \omega t \cdot \cos (\omega t - \alpha) \cdot dt = \pi \cdot F \cdot l \cdot \Phi \cdot \sin \alpha$$

## Annexe D (informative)

### Contrôle du comportement vibratoire du système faisceau/entretoise

#### D.1 Généralités

Les conducteurs en faisceau des lignes aériennes sont soumis aux vibrations éoliennes et aux oscillations de sous-conducteur qui peuvent entraîner, en conditions sévères, la rupture par fatigue de brins de conducteurs et de matériel d'équipement. Des entretoises amortissantes sont souvent utilisées afin de réduire l'amplitude de ces vibrations induite par le vent et ainsi éviter les problèmes de fatigue qui y sont liés.

NOTE 1 – Le système d'amortissement des conducteurs en faisceau est parfois constitué d'entretoises flexibles ou d'entretoises amortissantes associées à des amortisseurs de vibrations.

Les performances d'un système d'entretoise donné par rapport au comportement vibratoire sont étroitement liées aux caractéristiques du faisceau (type de conducteurs, espacement, effort de traction, etc.); en conséquence, le système faisceau plus entretoise doit être considéré comme un tout pour l'évaluation du comportement vibratoire.

Il convient que le contrôle des performances du système faisceau/entretoise, s'il est convenu entre l'acheteur et le fournisseur, prenne en compte les vibrations éoliennes, qui sont le phénomène vibratoire le plus fréquent. Le contrôle des performances au niveau des oscillations de sous-portée peut également être convenu.

Il convient que le contrôle des performances soit effectué de l'une des deux manières suivantes:

- analytiquement, en déterminant le comportement vibratoire au moyen de programmes informatiques spécifiques basés sur des modèles mathématiques du système. Il convient que le contrôle analytique des performances soit effectué par le fournisseur;
- expérimentalement, en effectuant des essais *in situ* sur des lignes aériennes ou des portées expérimentales exposées au vent naturel.

NOTE 2 – Si cela est convenu entre l'acheteur et le fournisseur, les justificatifs d'essai correspondant au contrôle expérimental ci-dessus concernant les systèmes d'amortissement proposés peuvent être acceptés pour évaluer les performances sans essais *in situ* supplémentaires.

#### D.2 Vibrations éoliennes

Il convient que le contrôle analytique du comportement sous vibrations éoliennes soit effectué sur au moins deux portées de longueur différente.

Il convient que l'acheteur fournisse les informations supplémentaires suivantes, si elles sont connues:

- la longueur des deux portées;
- les caractéristiques du conducteur (type, toronnage, masse par unité de longueur, CRA);
- l'effort de traction sur les conducteurs (basé sur la répartition annuelle de la température quotidienne minimale);
- l'auto-amortissement des conducteurs, ou bien d'une longueur de conducteur à utiliser par le fournisseur pour l'évaluation expérimentale de l'auto-amortissement des conducteurs; les données expérimentales disponibles pour des conducteurs similaires peuvent également être utilisées pour déterminer théoriquement le coefficient d'auto-amortissement;

## **Annex D** (informative)

### **Verification of vibration behaviour of the bundle/spacer system**

#### **D.1 General**

Bundled conductors of overhead lines are subject to aeolian vibration and subconductor oscillation which, under severe conditions, may lead to fatigue failure of conductor strands or fittings. Spacer dampers are frequently used to reduce the amplitudes of these wind-induced vibrations and hence avoid the associated fatigue problems.

NOTE 1 – Sometimes the damping system for bundle conductors comprises either flexible spacers or spacer dampers together with vibration dampers.

The performance of a given spacer system in respect of vibratory behaviour is strictly correlated to the characteristics of the bundle (type of conductors, spacing, tensile load, etc.); as a consequence, the bundle plus spacer system shall be considered as a "whole" in evaluating the vibratory behaviour.

The performance verification of the bundle/spacer system, if agreed between purchaser and supplier, should consider aeolian vibration since this is the most common vibration phenomenon. Performance verification for subspan oscillation may also be agreed.

The performance verification should be made in one of the following two ways:

- analytically, determining the vibratory behaviour through the use of specific computer programs based on mathematical models of the system. The analytical performance verification should be carried out by the supplier;
- experimentally, carrying out field tests on overhead lines or experimental spans exposed to natural wind.

NOTE 2 – If agreed between purchaser and supplier, test evidence regarding previous experimental verification of the proposed damping systems can be accepted to evaluate the performance without any other additional field tests.

#### **D.2 Aeolian vibration**

The analytical verifications of aeolian vibration behaviour should be carried out for at least two spans of different length.

The purchaser should provide the following additional information, where available:

- the length of the two spans;
- the characteristics of the conductor (type, stranding, mass per length, RTS);
- the tensile load of the conductors (to be based on the yearly distribution of the minimum daily temperature);
- the conductor self-damping, or alternatively a section of conductor to be used by the supplier for evaluating, experimentally, the conductor self-damping; experimental data available for similar conductors can also be used for determining theoretically the self-damping coefficient;

- le type de pince de suspension (classique, AGS, etc.);
- les caractéristiques des garnitures de câbles, le cas échéant;
- les caractéristiques des dispositifs, autres que les éléments d'amortissement, fixés au conducteur et leur répartition dans la portée;
- les caractéristiques du terrain entourant la ligne (plat, vallonné, boisé, etc.) ;
- la répartition annuelle de la vitesse moyenne du vent (moyenne sur 10 min) sur le site où se trouve la ligne aérienne.

Il convient que le contrôle expérimental des vibrations éoliennes soit effectué sur au moins deux portées de longueur différente. L'acheteur et le fournisseur doivent convenir de la durée des essais *in situ*, des mesures à effectuer (amplitude de flexion ou contraintes au niveau de la pince de suspension, au niveau des pinces d'entretoise, vitesse et direction du vent, turbulences, etc.), de l'instrumentation et des transducteurs à utiliser, et des procédures pour le traitement et la présentation des données expérimentales.

NOTE – Il convient que la durée des essais *in situ* soit prolongée si pendant le même temps la fréquence de vent perpendiculaire aux portées d'essai, d'une vitesse comprise dans la plage de 0,5 m/s à 10 m/s est jugée insuffisante.

- Critères de réception suggérés

Il convient que les critères de réception tiennent compte des contraintes sur le conducteur au niveau des pinces de suspension, des pinces d'entretoise et au niveau des pinces d'amortisseurs si des amortisseurs sont utilisés.

Il convient que les critères de réception soient convenus entre l'acheteur et le fournisseur, par référence à IEEE WPM 31 TP 65-156 [6], CIGRE CE22 GT04 [7] et CIGRE CE22 GT11-TF2 [8] ou à d'autres publications équivalentes.

### D.3 Oscillation de sous-portée

Il convient que le contrôle analytique des oscillations de sous-portée soit effectué sur au moins deux portées de longueur différente.

Il convient que l'acheteur fournisse les informations suivantes:

- la longueur des deux portées;
- l'effort de traction sur les conducteurs;
- les caractéristiques du conducteur (type, toronnage, masse par unité de longueur, CRA);
- les caractéristiques du terrain entourant la ligne (plat, vallonné, boisé, etc.);
- les caractéristiques des dispositifs autres que les éléments d'amortissement, fixés au conducteur et leur répartition dans la portée;
- la répartition annuelle de la vitesse moyenne du vent (moyenne sur 10 min) sur le site où se trouve la ligne aérienne, si cette information est disponible.

Il convient que le contrôle expérimental du comportement oscillatoire des sous-portées soit effectué sur au moins deux portées adjacentes de longueur différente. Il convient que l'acheteur et le fournisseur conviennent de la durée des essais *in situ*, des mesures à effectuer (amplitude de l'oscillation à la moitié de la sous-portée et/ou au quart de la sous-portée, amplitude de flexion ou contraintes au niveau des pinces d'entretoise, direction, vitesse et turbulence du vent, etc.), de l'instrumentation et des transducteurs à utiliser et des procédures pour le traitement et la présentation des données expérimentales.

- the type of suspension clamp (conventional, AGS, etc);
- the characteristics of armour rods, if applied;
- the characteristics of devices, other than damping elements, attached to the conductor and their in-span distribution;
- the conditions of the terrain surrounding the line (flat, hilly, woody, etc);
- the yearly distribution of the average wind velocity (10 min mean) at the site relevant to the overhead line.

The experimental verification of aeolian vibration behaviour should be carried out for at least two spans of different length. The purchaser and supplier shall agree upon the period of time for the field tests, the measurements to be made (bending amplitude or strain at the suspension clamp, at the spacer-clamps, wind speed and direction, turbulence, etc.), the instrumentation and transducers to be used and the procedures for processing and presenting the experimental data.

NOTE – The specified period of time for the field tests should be extended if during the same period the frequency of occurrence of wind perpendicular to the test spans with speeds in the range 0,5 m/s to 10 m/s, is deemed to be insufficient.

- Suggested acceptance criteria

The acceptance criteria should take into consideration the strains on the conductor at the suspension clamps, at the spacer-clamps and at the damper clamps, if dampers are used.

The acceptance criteria should be agreed between purchaser and supplier making reference to IEEE WPM 31 TP 65-156 [6], CIGRE SC22-WG04 [7] and CIGRE SC22-WG11-TF2 [8] or to other equivalent publications.

### **D.3 Subspan oscillation**

The analytical verification of subspan oscillation behaviour should be carried out for at least two spans of different length.

The purchaser should provide:

- the length of the two spans;
- the tensile load of the conductors;
- the characteristics of the conductor (type, stranding, mass per length, RTS);
- the conditions of the terrain surrounding the line (flat, hilly, woody, etc);
- the characteristics of devices, other than damping elements, attached to the conductor and their in-span distribution;
- the yearly distribution of the average wind velocity (10 min mean) at the site relevant to the overhead line, if available.

The experimental verification of subspan oscillation behaviour should be carried out for at least two adjacent spans of different length. The purchaser and supplier should agree upon the period of time for the field tests, the measurements to be made (amplitude of oscillation at mid-subspan and/or at a quarter-subspan, bending amplitude or strain at the spacer clamps, direction, speed and turbulence of the wind, etc.), the instrumentation and transducers to be used, and the procedures for processing and presenting the experimental data.

- Critères de réception suggérés

Il convient que les critères de réception tiennent compte de l'amplitude de l'oscillation à la moitié de la sous-portée et au quart de la sous-portée.

La propagation à la portée adjacente des oscillations de sous-portée, des contraintes au niveau des pinces d'entretoise ou au niveau des pinces de suspension peut également être prise en compte.

Il convient que les critères de réception soient convenus entre l'acheteur et le fournisseur.

- Suggested acceptance criteria

The acceptance criteria should take into consideration the amplitude of oscillation at mid-subspan and at a quarter-subspan.

Propagation to adjacent subspans the subspan oscillations, strains at the spacer clamps or at the suspension clamps can also be considered.

The acceptance criteria should be agreed between purchaser and supplier.

## Bibliographie

- [1] ISO 9000-1:1994, *Normes pour la gestion de la qualité et l'assurance de la qualité – Partie 1: Lignes directrices pour leur sélection et utilisation*
- [2] ISO 9001:1994, *Systèmes qualité – Modèle pour l'assurance de la qualité en conception, développement, production, installation et prestations associées*
- [3] ISO 9002:1994, *Systèmes qualité – Modèle pour l'assurance de la qualité en production et installation*
- [4] ISO 9003:1994, *Systèmes qualité – Modèle pour l'assurance de la qualité en contrôle et essais finals*
- [5] ISO 9004-1:1994, *Management de la qualité et éléments de système qualité – Partie 1: Lignes directrices pour les services*
- [6] IEEE Committee Report *Standardization of Conductor Vibration Measurements*; IEEE WPM 1965; 31TP 65-156 (normalisation des mesures de vibration des conducteurs)
- [7] CIGRE, CE22 GT04 *Recommandations pour l'évaluation de la durée de vie des conducteurs des lignes de transport d'énergie*; Electra **63**, mars 1979
- [8] CIGRE, CE22 GT11-TF2 *Guide pour les mesures de vibration sur les lignes aériennes*; Electra **163**, déc 1995
- [9] C. Manunzio – *An Investigation on the Forces on Bundle Conductor Spacers Under Fault Conditions*; IEEE T & D, juin-juillet 1965, Communication 31TP 65-707

## Bibliography

- [1] ISO 9000-1:1994, *Quality management and quality assurance standards – Part 1: Guidelines for selection and use*
- [2] ISO 9001:1994, *Quality systems – Model for quality assurance in design, development, production, installation and servicing*
- [3] ISO 9002:1994, *Quality systems – Model for quality assurance in production, installation and servicing*
- [4] ISO 9003:1994, *Quality systems – Model for quality assurance in final inspection and test*
- [5] ISO 9004-1:1994, *Quality management and quality system elements – Part 1: Guidelines*
- [6] IEEE Committee report, *Standardization of conductor vibration measurements*; IEEE WPM 1965; 31TP 65-156
- [7] CIGRE SC22 WG04, *Recommendations for the evaluation of the lifetime of transmission line conductors*; *Electra* **63**, March 1979
- [8] CIGRE SC22 WG11-TF2, *Guide to vibration measurements on overhead lines* – *Electra* **163**, Dec 1995
- [9] Manunzio C. *An investigation on the forces on bundle conductor spacers under fault conditions* – IEEE T & D, June-July 1965, Paper 31TP 65-707

---





## Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

**International Electrotechnical Commission**

3, rue de Varembé  
1211 Genève 20  
Switzerland

or

Fax to: **IEC/CSC** at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

**A Prioritaire**

Nicht frankieren  
Ne pas affranchir



Non affrancare  
No stamp required

**RÉPONSE PAYÉE**

**SUISSE**

Customer Service Centre (CSC)  
**International Electrotechnical Commission**  
3, rue de Varembé  
1211 GENEVA 20  
Switzerland



**Q1** Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: (e.g. 60601-1-1)

.....

**Q2** Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard (tick all that apply). I am the/a:

- purchasing agent
- librarian
- researcher
- design engineer
- safety engineer
- testing engineer
- marketing specialist
- other.....

**Q3** I work for/in/as a: (tick all that apply)

- manufacturing
- consultant
- government
- test/certification facility
- public utility
- education
- military
- other.....

**Q4** This standard will be used for: (tick all that apply)

- general reference
- product research
- product design/development
- specifications
- tenders
- quality assessment
- certification
- technical documentation
- thesis
- manufacturing
- other.....

**Q5** This standard meets my needs: (tick one)

- not at all
- nearly
- fairly well
- exactly

**Q6** If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: (tick all that apply)

- standard is out of date
- standard is incomplete
- standard is too academic
- standard is too superficial
- title is misleading
- I made the wrong choice
- other .....

**Q7** Please assess the standard in the following categories, using the numbers:

- (1) unacceptable,
- (2) below average,
- (3) average,
- (4) above average,
- (5) exceptional,
- (6) not applicable

- timeliness.....
- quality of writing.....
- technical contents.....
- logic of arrangement of contents .....
- tables, charts, graphs, figures.....
- other .....

**Q8** I read/use the: (tick one)

- French text only
- English text only
- both English and French texts

**Q9** Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....





Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

**Commission Electrotechnique Internationale**

3, rue de Varembé

1211 Genève 20

Suisse

ou

Télécopie: **CEI/CSC** +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

**A Prioritaire**

Nicht frankieren  
Ne pas affranchir



Non affrancare  
No stamp required

**RÉPONSE PAYÉE**

**SUISSE**

Centre du Service Clientèle (CSC)

**Commission Electrotechnique Internationale**

3, rue de Varembé

1211 GENÈVE 20

Suisse



**Q1** Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact: (ex. 60601-1-1)  
.....

**Q2** En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction? (cochez tout ce qui convient)  
Je suis le/un:

- agent d'un service d'achat
- bibliothécaire
- chercheur
- ingénieur concepteur
- ingénieur sécurité
- ingénieur d'essais
- spécialiste en marketing
- autre(s).....

**Q3** Je travaille: (cochez tout ce qui convient)

- dans l'industrie
- comme consultant
- pour un gouvernement
- pour un organisme d'essais/ certification
- dans un service public
- dans l'enseignement
- comme militaire
- autre(s).....

**Q4** Cette norme sera utilisée pour/comme (cochez tout ce qui convient)

- ouvrage de référence
- une recherche de produit
- une étude/développement de produit
- des spécifications
- des soumissions
- une évaluation de la qualité
- une certification
- une documentation technique
- une thèse
- la fabrication
- autre(s).....

**Q5** Cette norme répond-elle à vos besoins: (une seule réponse)

- pas du tout
- à peu près
- assez bien
- parfaitement

**Q6** Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes: (cochez tout ce qui convient)

- la norme a besoin d'être révisée
- la norme est incomplète
- la norme est trop théorique
- la norme est trop superficielle
- le titre est équivoque
- je n'ai pas fait le bon choix
- autre(s) .....

**Q7** Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres

- (1) inacceptable,
  - (2) au-dessous de la moyenne,
  - (3) moyen,
  - (4) au-dessus de la moyenne,
  - (5) exceptionnel,
  - (6) sans objet
- publication en temps opportun .....
  - qualité de la rédaction.....
  - contenu technique .....
  - disposition logique du contenu .....
  - tableaux, diagrammes, graphiques, figures .....
  - autre(s) .....

**Q8** Je lis/utilise: (une seule réponse)

- uniquement le texte français
- uniquement le texte anglais
- les textes anglais et français

**Q9** Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....





INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ISBN 2-8318-4511-4



9 782831 845111

---

**ICS 29.240.20**

---

Typeset and printed by the IEC Central Office  
GENEVA, SWITZERLAND