

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
1284**

Première édition  
First edition  
1995-07

---

---

**Lignes aériennes –  
Exigences et essais pour le matériel  
d'équipement**

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



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 1284: 1995

## Validité de la présente publication

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

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

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

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

## Terminologie

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

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

## Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

## Validity of this publication

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

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

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

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

## Terminology

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

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

## Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

## IEC publications prepared by the same technical committee

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

NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD

CEI  
IEC  
1284

Première édition  
First edition  
1995-07

---

---

Lignes aériennes –  
Exigences et essais pour le matériel  
d'équipement

Overhead lines –  
Requirements and tests for fitting

© CEI 1995 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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

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



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

X

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

## SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS .....	6
Articles	
1 Domaine d'application .....	8
2 Références normatives .....	8
3 Définitions .....	8
4 Exigences .....	12
4.1 Exigences générales .....	12
4.1.1 Conception .....	12
4.1.2 Matériaux .....	14
4.1.3 Dimensions et tolérances .....	14
4.1.4 Protection contre la corrosion .....	14
4.1.5 Marquage .....	16
4.1.6 Instructions de montage .....	18
4.2 Exigences relatives à des matériels particuliers .....	18
4.2.1 Matériel d'équipement pour chaîne d'isolateurs et pour câble de garde .....	18
4.2.2 Pincés de suspension .....	18
4.2.3 Raccords de jonction, d'ancrage et de réparation du conducteur et du câble de garde .....	20
4.2.4 Pièces de garde d'isolateurs .....	22
5 Essais de cycles thermiques .....	24
5.1 Objectif .....	24
5.2 Manchons .....	24
5.2.1 Généralités .....	24
5.2.2 Températures de service .....	24
5.2.3 Classification pour essais .....	24
5.3 Echantillons .....	26
5.3.1 Généralités .....	26
5.3.2 Manchons multi-gamme .....	26
5.3.3 Préparation .....	26
5.3.4 Identification des échantillons .....	26
5.4 Dispositif d'essai .....	26
5.4.1 Conditions d'essai .....	26
5.4.2 Conducteurs de référence .....	28
5.4.3 Points de potentiel .....	28
5.4.4 Installation de la boucle d'essai .....	28
5.4.5 Mesures .....	28
5.5 Procédure d'essais de cycles thermiques .....	30
5.5.1 Généralités .....	30
5.5.2 Manchons de catégorie A .....	32
5.5.3 Manchons de catégorie B .....	34

## CONTENTS

	Page
FOREWORD .....	7
Clause	
1 Scope .....	9
2 Normative references .....	9
3 Definitions .....	9
4 Requirements .....	13
4.1 General requirements .....	13
4.1.1 Design .....	13
4.1.2 Materials .....	15
4.1.3 Dimensions and tolerances .....	15
4.1.4 Protection against corrosion .....	15
4.1.5 Marking .....	17
4.1.6 Instructions for assembly .....	19
4.2 Requirements for specific fittings .....	19
4.2.1 Insulator set fittings and earth wire fittings .....	19
4.2.2 Suspension clamps .....	19
4.2.3 Fittings for jointing, terminating, and repairing conductor and earth wire .....	21
4.2.4 Insulator protective fittings .....	23
5 Heat cycle tests .....	25
5.1 Purpose .....	25
5.2 Joints .....	25
5.2.1 General .....	25
5.2.2 Service temperatures .....	25
5.2.3 Classification for test purposes .....	25
5.3 Test specimens .....	27
5.3.1 General .....	27
5.3.2 Multi-range connectors .....	27
5.3.3 Preparation .....	27
5.3.4 Data on test specimens .....	27
5.4 Test arrangements .....	27
5.4.1 Test conditions .....	27
5.4.2 Reference conductor .....	29
5.4.3 Potential points .....	29
5.4.4 Installation of test loop .....	29
5.4.5 Measurements .....	29
5.5 Heat cycle tests procedure .....	31
5.5.1 General .....	31
5.5.2 Joints of class A .....	33
5.5.3 Joints of class B .....	35

Articles	Pages
6 Essais d'effet couronne et de perturbations radioélectriques .....	36
6.1 Objectif .....	36
6.2 Description des méthodes d'essai .....	36
6.3 Généralités .....	38
6.4 Circuit d'essai et instrumentation .....	42
6.5 Procédures d'essai d'effet couronne et de perturbations radioélectriques .....	42
6.6 Critères de réception .....	42
6.7 Compte rendu d'essai .....	44
6.8 Méthode des tensions .....	44
6.8.1 Conducteurs adjacents dans un système triphasé .....	44
6.8.2 Montage d'essai et dimensions .....	44
6.8.3 Variante critique .....	52
6.8.4 Distance de la paroi (plan de réflexion), $w$ .....	52
6.8.5 Intervalle minimal pour composants adjacents sous tension .....	54
6.8.6 Paroi métallique .....	54
6.9 Méthode des gradients de tension .....	54
6.9.1 Tension du conducteur dans un système triphasé .....	54
6.9.2 Montage d'essai et dimensions .....	54
6.9.3 Méthode d'essai .....	54
 Annexes	
A Types de manchons .....	58
B Circuit d'essai type – Manchons catégorie A .....	60
C Circuit d'essai type – Manchons catégorie B .....	62
D Représentation schématique de la séquence d'essais du cycle thermique .....	64
E Critère mathématique de réception .....	66
F Exemples de documents normatifs recommandés pour les matériaux des matériels d'équipement .....	70
G Points de potentiels .....	74
H Dispositif d'étalonnage de tension d'essai .....	76

Clause	Page
6 Corona and radio interference voltage (RIV) tests .....	37
6.1 Purpose .....	37
6.2 Description of test methods .....	37
6.3 General .....	39
6.4 Test circuit and instruments .....	43
6.5 Corona and RIV test procedures .....	43
6.6 Acceptance criteria .....	43
6.7 Test report .....	45
6.8 Voltage method .....	45
6.8.1 Adjacent conductors in a three-phase system .....	45
6.8.2 Test set-up and dimensions .....	45
6.8.3 Critical variant .....	53
6.8.4 Distance from wall (reflection plane), $w$ .....	53
6.8.5 Minimum clearance from adjacent live components .....	55
6.8.6 Metallic wall .....	55
6.9 Voltage gradient method .....	55
6.9.1 Conductor voltage on three-phase system .....	55
6.9.2 Test set-up and dimensions .....	55
6.9.3 Test method .....	55
<b>Annexes</b>	
A Typical joint types .....	59
B Typical test circuit – Class A joints .....	61
C Typical test circuit – Class B joints .....	63
D Diagrammatic representation of heat cycle test sequence .....	65
E Mathematical acceptance criterion .....	67
F Examples of normative documents recommended for fitting materials .....	71
G Potential points .....	75
H Test voltage calibration device .....	77

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## LIGNES AÉRIENNES -

### EXIGENCES ET ESSAIS POUR LE MATÉRIEL D'ÉQUIPEMENT

#### 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 en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles 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.

La Norme internationale CEI 1284 a été établie par le comité d'études 11 de la CEI: Recommandations pour les lignes aériennes.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
11/93/DIS	11/104/RVD

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

Les annexes A, B, C, D et E font partie intégrante de cette norme.

Les annexes F, G et H sont données uniquement à titre d'information.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**OVERHEAD LINES -  
REQUIREMENTS AND TESTS FOR FITTINGS**

## 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 cooperation 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, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use 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.

International Standard IEC 1284 has been prepared by IEC technical committee 11: Recommendations for overhead lines.

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

DIS	Report on voting
11/93/DIS	11/104/RVD

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

Annexes A, B, C, D and E form an integral part of this standard.

Annexes F, G and H are for information only.

## LIGNES AÉRIENNES -

### EXIGENCES ET ESSAIS POUR LE MATÉRIEL D'ÉQUIPEMENT

#### 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale s'applique au matériel d'équipement pour lignes aériennes dont la tension nominale dépasse 45 kV. Il est possible de l'appliquer également aux matériels d'équipement pour lignes aériennes dont la tension nominale est inférieure et à un matériel d'équipement similaire pour les postes.

#### 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 60-1:1989, *Technique des essais à haute tension - Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CISPR 16:1987, *Spécification du CISPR pour les appareils et les méthodes de mesure des perturbations radioélectriques*

CISPR 18-2:1986, *Caractéristiques des lignes et des équipements à haute tension relatives aux perturbations radioélectriques - Deuxième partie: Méthodes de mesure et procédure d'établissement des limites*

#### 3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes sont applicables. Ces définitions n'apparaissent pas dans le Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) ou diffèrent de celles données dans le VEI.

**accouplement à rotule:** Accouplement consistant en une sphère, une cavité articulaire et un dispositif de verrouillage.

**matériel d'équipement bimétallique:** Dispositif convenant pour assembler des conducteurs construits en plusieurs matériaux.

**dimension caractéristique:** Dimension d'un composant du circuit d'essai ou d'un matériel d'équipement caractérisant son effet sur le champ électrique. Dans le cas d'un faisceau, cette dimension représente environ le diamètre d'un cercle périphérique; dans le cas d'un anneau de garde ou d'une sphère, cette dimension représente la dimension la plus grande, etc.

## OVERHEAD LINES – REQUIREMENTS AND TESTS FOR FITTINGS

### 1 Scope

This International Standard applies to fittings for overhead lines of nominal voltage above 45 kV. It may also be applied to fittings for overhead lines of lower nominal voltage and to similar fittings for substations.

### 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 60-1: 1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

CISPR 16: 1987, *CISPR specification for radio interference measuring apparatus and measurement methods*

CISPR 18-2: 1986, *Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment – Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits*

### 3 Definitions

For the purpose of this International Standard the following definitions apply. These definitions are those which do not appear in the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) or differ from those given in the IEV.

**ball and socket coupling:** Coupling consisting of a ball, a socket and a locking device.

**bimetallic fitting:** Device which is suitable for jointing conductors of different materials.

**characteristic dimension:** Dimension of a component of the test circuit or a fitting which characterizes its effect on the electric field. In the case of a bundle, this dimension is approximately the diameter of an enclosing circle; in the case of a corona ring or sphere, it is its largest dimension, etc.

**accouplement à chape et tenon:** Accouplement consistant en une chape, un tenon, un axe ou un boulon.

**connecteur:** Dispositif pour assembler un ou plusieurs conducteurs ou câbles de garde. Il peut s'agir d'un matériel reprenant ou non la tension du câble.

**décharge couronne:** Décharge électrique qui ne décompose que partiellement l'isolation gazeuse autour du matériel d'équipement soumis à essai.

**extinction de l'effet couronne:** Tension ou gradient de tension des conducteurs auxquels l'effet couronne cesse pendant une période de baisse de la tension d'essai.

**apparition de l'effet couronne:** Tension ou gradient de tension des conducteurs auxquels se produit un effet couronne pendant une période d'augmentation de la tension d'essai.

**matériel d'équipement de câble de garde:** Tout composant d'un assemblage destiné à fixer un câble de garde à une charpente support autre que pince de suspension, raccords d'ancrage ou matériel d'équipement de protection mécanique.

**matériel de câble hélicoïdal préformé en usine:** Matériel d'équipement consistant en fils de forme hélicoïdale fournissant la force nécessaire pour bloquer le conducteur ou le câble de garde par auto-serrage.

**matériel d'équipement de chaîne d'isolateurs:** Tout composant d'une chaîne de suspension ou d'ancrage autre que file d'isolateurs, pince de suspension, raccords pour ancrage de conducteur, pièces de garde d'isolateur ou matériel d'équipement de protection mécanique.

**manchon:** Connecteur et partie du conducteur ou du câble de garde en contact intime avec le connecteur établi par compression ou tout autre moyen mécanique.

**charge d'endommagement mécanique:** Charge maximale applicable à un matériel d'équipement sans déformation permanente inacceptable lors de l'essai du matériel d'équipement dans des conditions d'essai spécifiées.

NOTE - Il convient que l'acheteur et le fournisseur définissent conjointement la déformation permanente inacceptable.

**charge de rupture mécanique:** Charge maximale applicable à un matériel d'équipement dans des conditions d'essai spécifiées.

**matériel d'équipement de protection mécanique:** Tout dispositif fixé à un conducteur ou à un câble de garde et destiné à sa protection mécanique.

**tension de perturbations radioélectriques (TPR):** Tension dans la gamme des fréquences radio produite par une perturbation électromagnétique et mesurable conformément à la CISPR 16 sur le circuit d'essai muni du matériel d'équipement.

**entretoise amortisseuse:** Dispositif qui maintient les sous-conducteurs d'un faisceau écartés selon une configuration géométrique donnée, capable de réduire les vibrations éoliennes et les oscillations des sous-conducteurs dans les sous-portées. [VEI 466-11-02 modifié]

**clevis and tongue coupling:** Coupling consisting of a clevis, a tongue and a clevis pin or bolt.

**connector:** Device for jointing one or more conductors or earth wires. It may be a tension or non-tension fitting.

**corona discharge:** Electric discharge that only partially breaks down the gas insulation around the fittings under tests.

**corona extinction:** Voltage or conductor voltage gradient at which corona discharges cease during a decreasing test voltage sequence.

**corona inception:** Voltage or conductor voltage gradient at which corona discharges initiate during an increasing test voltage sequence.

**earth wire fitting:** Any component of an assembly for attaching an earth wire to a supporting structure other than a suspension clamp, a tension fitting or a mechanical protective fitting.

**factory-formed helical cable fitting:** Fitting consisting of helically formed wires which provide the force necessary to grip the conductor or earth wire by self-tightening.

**insulator set fitting:** Any component of a suspension or tension insulator set, other than a string insulator unit, a suspension clamp, a conductor tension fitting, an insulator protective fitting or a mechanical protective fitting.

**joint:** Connector and that part of the conductor or earth wire that has been brought into intimate contact with it by compression or other mechanical means.

**mechanical damage load:** Maximum load which can be applied to a fitting without an unacceptable permanent deformation when the fitting is tested under specified test conditions.

NOTE - The unacceptable permanent deformation should be agreed upon between purchaser and supplier.

**mechanical failure load:** Maximum load which can be applied to a fitting under specified test conditions.

**mechanical protective fitting:** Any device attached to a conductor or to an earth wire for their mechanical protection.

**radio-interference voltage (RIV):** Voltage in the radio-frequency range produced by an electromagnetic disturbance and which can be measured in accordance with CISPR 16 on the test circuit equipped with the fitting.

**spacer damper:** Device which keeps apart the sub-conductors of a bundle in a given geometrical configuration and is able to reduce aeolian vibrations and subspan oscillations of the sub-conductors. [IEV 466-11-02 modified]

**tension de perturbations radioélectriques maximale spécifiée:** Tension de perturbations radio maximale à la valeur spécifiée de la tension d'essai ou du gradient de tension sur le conducteur. Cette tension est spécifiée par l'acheteur ou annoncée par le fournisseur.

**extinction de l'effet couronne minimale spécifiée:** Tension ou gradient de tension d'essai admissibles minimaux auxquels l'effet couronne cesse. Cette extinction est spécifiée par l'acheteur ou annoncée par le fournisseur.

**charge de rupture minimale spécifiée:** Charge minimale spécifiée par l'acheteur ou annoncée par le fournisseur pour laquelle ne se produira pas de rupture mécanique.

NOTE - D'un point de vue probabiliste, la charge de rupture minimale spécifiée correspond à la valeur présentant une probabilité de  $e$  % dans la distribution de probabilité de résistance du matériel d'équipement. On prend généralement la limite d'exclusion  $e$  % dans une fourchette de 2 % à 5 %, 10 % étant la limite supérieure (CEI 826).

**charge d'endommagement mécanique minimale spécifiée:** Charge minimale spécifiée par l'acheteur ou annoncée par le fournisseur à laquelle on ne rencontrera pas de déformation permanente inacceptable.

**charge de glissement minimale spécifiée:** Charge minimale spécifiée par l'acheteur ou annoncée par le fournisseur à laquelle ne se produira pas de glissement du câble.

**amortisseur de vibrations:** Dispositif fixé à un conducteur ou à un câble de garde destiné à réduire les vibrations éoliennes. [VEI 466-11-16 modifié]

## 4 Exigences

### 4.1 Exigences générales

#### 4.1.1 Conception

Le matériel d'équipement doit être conçu de manière à:

- éviter d'endommager le conducteur en conditions de service;
- supporter les charges mécaniques résultant du montage, de l'entretien, du service, le courant de service calculé, y compris le courant de court circuit, les températures de service et les conditions d'environnement;
- assurer que les composants individuels sont fixés de manière à ne pouvoir se desserrer en service;
- avoir un effet couronne limité.

Le matériel d'équipement pour entretien des lignes sous tension doit être conçu convenablement pour permettre une manutention sûre et facile.

Les surfaces de matériels comprimés en contact avec le conducteur ou le câble de garde doivent être protégées de toute souillure avant montage.

Toute fragilité des pièces finies doit être évitée en adoptant des matériaux et un procédé de fabrication adaptés.

**specified maximum radio-interference voltage:** Maximum acceptable radio-interference voltage at a specified test voltage or conductor voltage gradient. This is specified by the purchaser or declared by the supplier.

**specified minimum corona extinction:** Minimum acceptable voltage or conductor voltage gradient at which corona discharges cease. This is specified by the purchaser or declared by the supplier.

**specified minimum failure load:** Minimum load specified by the purchaser or declared by the supplier at which mechanical failure will not take place.

NOTE – From the probabilistic point of view, the specified minimum failure load corresponds to the value having the probability of  $e$  % in the distribution function of the strength of the fitting. The exclusion limit  $e$  % is usually taken within 2 % to 5 % with 10 % being the upper limit (IEC 826).

**specified minimum mechanical damage load:** Minimum load specified by the purchaser or declared by the supplier at which unacceptable permanent deformation will not take place.

**specified minimum slipping load:** Minimum load specified by the purchaser or declared by the supplier at which slipping will not take place.

**vibration damper:** Device attached to a conductor or an earth wire in order to reduce aeolian vibrations. [IEV 466-11-16 modified]

## 4 Requirements

### 4.1 General requirements

#### 4.1.1 Design

The fittings shall be designed so as to:

- avoid damaging the conductor under service conditions;
- withstand the mechanical loads relevant to installation, maintenance and service, the designed service current including short-circuit current, the service temperatures and environmental circumstances;
- ensure that individual components are secured against becoming loose in service;
- have limited corona effects.

Fittings for live line maintenance shall be suitably designed for safe and easy handling.

Surfaces of compression fittings being in contact with the conductor or earthwire shall be protected from becoming contaminated before the installation.

Brittleness of finished parts shall be avoided by adopting suitable materials and manufacturing process.

#### 4.1.2 *Matériaux*

Le matériel d'équipement doit être construit en matériaux adaptés à l'utilisation.

##### 4.1.2.1 *Matériaux métalliques*

Les matériaux doivent satisfaire aux exigences de la durée d'utilisation et ne doivent pas être susceptibles de présenter une corrosion intergranulaire ou sous contrainte. Ils ne doivent pas provoquer de corrosion des autres parties du conducteur ou du câble de garde.

Les matériaux dont se composent les raccords comprimés doivent pouvoir supporter le travail à froid du matériau dû à la compression. En outre, les composants comprimés en acier doivent présenter également une résistance aux chocs suffisante après compression.

On trouvera ci-dessous des exemples de matériaux adaptés:

- aluminium ou alliage d'aluminium;
- acier galvanisé;
- fonte ductile ou fonte malléable galvanisée;
- acier inoxydable;
- cuivre et alliages cuivreux.

Il est conseillé d'utiliser les normes ISO existantes pour les matériaux. L'annexe F donne des exemples de normes ISO pour les matériaux utilisés pour le matériel d'équipement.

##### 4.1.2.2 *Matériaux non métalliques*

Les matériaux non métalliques utilisés doivent présenter une bonne résistance au vieillissement et pouvoir supporter les températures de service sans que leurs propriétés en soient affectées. Les matériaux doivent présenter une résistance adéquate aux effets de l'ozone, des radiations UV et de la pollution de l'air sur la gamme complète de leurs températures de service.

Ils ne doivent pas provoquer de corrosion sur les matériaux avec lesquels ils sont en contact.

##### 4.1.3 *Dimensions et tolérances*

Les plans contractuels doivent indiquer les dimensions.

On doit veiller tout particulièrement aux dimensions impliquant une interchangeabilité, un assemblage correct, et à celles pour lesquelles on a spécifié des gabarits. On se référera aux normes appropriées telles que la CEI 120, la CEI 372, etc.

Les tolérances appliquées aux dimensions doivent assurer que le matériel d'équipement satisfait aux exigences mécaniques et électriques spécifiées.

##### 4.1.4 *Protection contre la corrosion*

Toutes les parties du matériel d'équipement concernant les isolateurs, les conducteurs et câbles de garde doivent présenter une résistance inhérente à la corrosion atmosphérique ou être convenablement protégées contre la corrosion susceptible d'exister en cours de

#### 4.1.2 *Materials*

Fittings shall be made of any material suitable for the purpose.

##### 4.1.2.1 *Metallic materials*

The materials shall meet service life requirements and shall not be liable to intergranular or stress corrosion. They shall not cause corrosion of any other parts of the conductor or earth wire.

The materials of compression fittings shall be capable of withstanding the cold working due to compression. Furthermore, the steel compression components shall also have a sufficient impact strength after the compression.

Examples of suitable materials are the following:

- aluminium or aluminium alloy;
- galvanized steel;
- galvanized malleable or ductile iron;
- stainless steel;
- copper and copper alloys.

It is recommended that ISO standards for materials be used where they exist. Examples of ISO standards for fitting materials are listed in annex F.

##### 4.1.2.2 *Non-metallic materials*

Non-metallic materials employed shall have good resistance to ageing and be capable of withstanding service temperatures without detrimental change of properties. Materials shall have adequate resistance to the effects of ozone, ultra-violet radiation and air pollution over the whole range of the service temperature.

They shall not induce corrosion in materials which are in contact with them.

##### 4.1.3 *Dimensions and tolerances*

The dimensions shall be shown on contract drawings.

Particular regard shall be paid to those dimensions which involve interchangeability, correct assembly, and those for which gauges are specified. Reference shall be made to relevant standards, for example IEC 120, IEC 372, etc.

Tolerances applied to dimensions shall ensure that the fittings meet their specified mechanical and electrical requirements.

##### 4.1.4 *Protection against corrosion*

All parts of insulator, conductor and earth wire fittings shall be either inherently resistant to atmospheric corrosion or be suitably protected against corrosion, such as may occur in transport, storage and in service. All ferrous parts which will be exposed to the

transport et de stockage et en service. Toutes les parties ferreuses exposées à l'atmosphère en service, à l'exception des pièces en acier inoxydable approprié, doivent être protégées par galvanisation à chaud conformément, par exemple, à l'ISO 1461 ou par tout autre moyen assurant une protection équivalente.

En outre, à moins que l'on ne prenne des précautions particulières, les métaux pour lesquels la différence de potentiel électrochimique peut entraîner une corrosion galvanique susceptible d'affecter l'efficacité du matériel ne doivent jamais être en contact. Cela s'applique tout particulièrement aux parties de matériel d'équipement en contact direct avec le conducteur.

Tous les filetages extérieurs doivent être taillés ou roulés avant galvanisation à chaud. Les filetages intérieurs pourront être taillés avant ou après galvanisation à chaud. Si on les taille après galvanisation, on doit les enduire d'huile ou de graisse.

#### 4.1.5 Marquage

Le marquage doit assurer le système de traçabilité de chaque composant du matériel d'équipement.

Sauf accord contraire entre le fabricant et l'acheteur, le matériel d'équipement doit être marqué clairement et de manière indélébile de la manière suivante:

##### *Matériel d'équipement utilisé sous forme de composants individuels*

###### *Pièces moulées*

- a) identification du matériel d'équipement (référence/charge de rupture minimale spécifiée);
- b) identification du fabricant;
- c) date de fabrication (mois et année);
- d) numéro de coulée.

###### *Pièces forgées*

- a) identification du matériel d'équipement (référence/charge de rupture minimale spécifiée);
- b) identification du fabricant;
- c) date de fabrication (mois et année).

###### *Pièces intermédiaires et palonniers*

- a) identification du matériel d'équipement (référence/charge de rupture minimale spécifiée);
- b) identification du fabricant;
- c) date de fabrication (mois et année).

atmosphere in service, except those made of appropriate stainless steel, shall be protected by hot dip galvanizing in accordance, for example, with ISO 1461 or other means giving equivalent protection.

Moreover, unless special measures be taken, there shall never be contact between metals for which the difference in electrochemical potential may give rise to galvanic corrosion capable of impairing the efficiency of the whole equipment. This applies especially to those parts of the fittings that are in direct contact with the conductor.

All external threads shall be cut or rolled before hot dip galvanizing. Internal threads can be cut before or after hot dip galvanizing. If cut after galvanizing they shall be oiled or greased.

#### 4.1.5 *Marking*

Marking shall ensure the system of traceability for each of the component parts of the fittings.

When practicable, and unless otherwise agreed between purchaser and manufacturer, fittings shall be clearly and indelibly marked as follows:

##### *Fittings used as individual components*

###### *Castings*

- a) identification of fittings  
(reference number/specified minimum failure load);
- b) maker's identification;
- c) date of manufacture (month and year);
- d) cast code.

###### *Forgings*

- a) identification of fittings  
(reference number/specified minimum failure load);
- b) maker's identification;
- c) date of manufacture (month and year).

###### *Links and plates*

- a) identification of fittings  
(reference number/specified minimum failure load);
- b) maker's identification;
- c) date of manufacture (month and year).

### *Assemblages de matériel d'équipement*

- a) identification du matériel d'équipement (référence/charge de rupture minimale spécifiée);
- b) identification du fabricant;
- c) date de fabrication (mois et année);
- d) gamme de diamètres des conducteurs ou code(s) des conducteurs, selon accord entre acheteur et fournisseur;
- e) couple de serrage des boulons sur matériel d'équipement (sauf utilisation de boulons à couple de rupture contrôlé).

### *Raccords comprimés pour conducteurs*

- a) identification du matériel d'équipement (référence/charge de rupture minimale spécifiée);
- b) identification du fabricant;
- c) date de fabrication (mois et année);
- d) dimension ou nom de code des conducteurs;
- e) dimensions des matrices de compression;
- f) longueur à comprimer.

#### *4.1.6 Instructions de montage*

Les fabricants doivent fournir les instructions de montage du matériel d'équipement dans la mesure nécessaire.

### *4.2 Exigences relatives à des matériels particuliers*

#### *4.2.1 Matériel d'équipement pour chaîne d'isolateurs et pour câble de garde*

Pour les pièces en acier forgé, les trous soumis à contrainte mécanique peuvent être réalisés par poinçonnage à chaud sous réserve que ces trous soient conformes aux tolérances sur au moins 70 % de l'épaisseur poinçonnée. Pour les pièces en acier forgé, les trous qui ne sont pas soumis à une contrainte mécanique peuvent être réalisés par poinçonnage à chaud et à froid sans tenir compte des limites mentionnées.

#### *4.2.2 Pincés de suspension*

Le conducteur ou le câble de garde peut être installé dans les pincés de suspension soit nu, soit muni d'une garniture.

Les pincés de suspension doivent être conçues de manière que les effets des vibrations sur le conducteur ou sur le câble de garde et sur les pincés elles-mêmes soient réduits au minimum. On doit concevoir les pincés de manière à éviter une pression ou des dommages ponctuels sur le conducteur ou sur le câble de garde.

Les pincés de suspension doivent présenter une surface de contact suffisante pour éviter d'être endommagées par des courants de défaut.

La résistance à l'usure de l'articulation doit être suffisante pour éviter une détérioration en service.

### *Assemblies of fittings*

- a) identification  
(reference number/specified minimum failure load);
- b) maker's identification;
- c) date of manufacture of individual items (month and year);
- d) conductor diameter range or conductor code(s), as agreed between purchaser and supplier;
- e) fitting bolt installation torque  
(unless breakaway torque bolts are used).

### *Conductor compression fittings*

- a) identification  
(reference number specified minimum failure load);
- b) maker's identification;
- c) date of manufacture (month and year);
- d) conductor size or code name;
- e) compression die sizes;
- f) length to be compressed.

#### *4.1.6 Instructions for assembly*

The manufacturers shall provide the assembly instructions of the fittings as far as necessary.

### *4.2 Requirements for specific fittings*

#### *4.2.1 Insulator set fittings and earth wire fittings*

For parts made of forged steel, holes which are under mechanical stress can be made by hot punching provided that the holes conform to tolerances on at least 70 % of punched thickness. For parts made of forged steel, holes which are not under mechanical stress can be made by cold or hot punching without the aforementioned limits.

#### *4.2.2 Suspension clamps*

The conductor or the earth wire installed in the suspension clamps can be used bare or equipped with armour rods.

The suspension clamps shall be so designed that the effects of vibration, both on the conductor or on the earth wire and on the clamps themselves, are minimized. The clamps shall be designed to avoid localized pressure or damage to the conductor or the earth wire.

The suspension clamps shall have sufficient contact surface to avoid damage by fault currents.

The wear resistance of the articulation assembly shall be sufficient to prevent deterioration in service.

Les pertes magnétiques ne doivent pas dépasser la valeur indiquée.

Le corps d'une pince de suspension doit permettre une oscillation autour d'un axe horizontal perpendiculaire au conducteur.

Les différents types de pinces de suspension sont:

- pinces munies d'une articulation au-dessus du conducteur; le pivot est situé sur le plan horizontal de l'axe du conducteur (voir figure 1a);
- pinces munies d'une articulation dans le plan de l'axe du conducteur (articulation double ou triple) (voir figure 1b); l'une de ces trois articulations se trouve dans le plan horizontal de l'axe du conducteur;
- pinces munies d'une articulation au-dessous de l'axe des conducteurs (voir figure 1c).

Le fabricant doit fournir à l'acheteur les limites d'utilisation des pinces de suspension.

NOTE - Pour chaque type de pince, l'acheteur peut choisir entre:

- les pinces standard: la charge de glissement du conducteur ou du câble de garde n'étant pas inférieure à une charge de glissement minimale spécifiée;
- les pinces à glissement contrôlé: la charge de glissement du conducteur se situe entre deux valeurs définies par accord mutuel entre l'acheteur et le fournisseur.

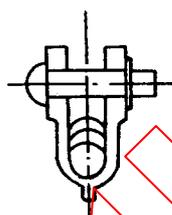


Figure 1a

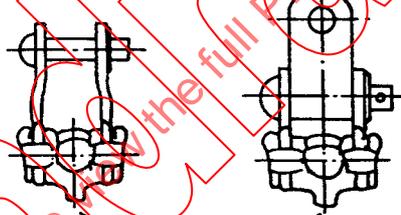


Figure 1b

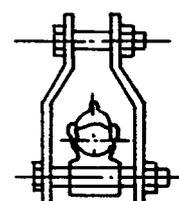


Figure 1c

CEI 692195

Figure 1 - Pinces de suspension type

#### 4.2.3 Raccords de jonction, d'ancrage et de réparation du conducteur et du câble de garde

Les raccords destinés à la jonction, à l'ancrage et à la réparation des conducteurs et câbles de garde comprennent les matériels suivants sans que cette liste soit limitative:

- connecteurs du type comprimé;
- pinces du type à coincement conique;
- pinces du type boulonné (à étriers);
- raccords hélicoïdaux préformés en usine;
- raccords installés à l'aide d'une charge explosive.

Les différents types de raccords ci-dessus peuvent être utilisés pour les manchons reprenant la tension du câble ou non et les connecteurs en T. Lorsque les raccords sont conçus de manière à ne pas assurer la continuité électrique du conducteur (par exemple: pinces d'ancrage), les raccords ne doivent pas réduire la capacité électrique du conducteur ou du câble de garde.

Magnetic losses shall not exceed the laid down value, if specified.

The body of a suspension clamp shall permit oscillation around an horizontal axis perpendicular to the conductor.

Typical suspension clamps are:

- clamps with articulation above the conductor; the pivot is above the horizontal plane passing through the conductor axis at the suspension point (see figure 1a);
- clamps with articulation in the plane of the axis of the conductor (twin or triple articulation) (see figure 1b); one of the three articulations is in the horizontal plane of the conductor axis;
- clamps with articulation under the axis of the conductor (see figure 1c).

The manufacturer shall provide the purchaser with the usage limits of the suspension clamps.

NOTE - For each type of clamp, the purchaser can choose between:

- standard clamps: the slipping load of the conductor or earth wire is not lower than a specified minimum slipping load;
- controlled slippage clamps: the slipping load of the conductor remains between two values defined by mutual agreement between the purchaser and the supplier.

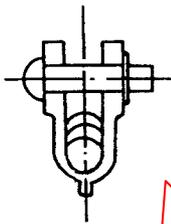


Figure 1a

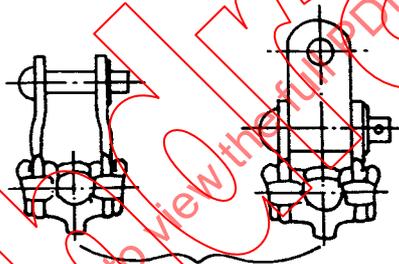


Figure 1b

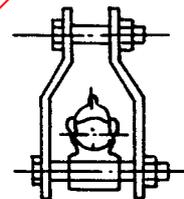


Figure 1c

IEC 692/95

Figure 1 - Typical suspension clamps

#### 4.2.3 Fittings for jointing, terminating and repairing conductor and earth wire

Fittings for the purpose of jointing, terminating and repairing conductor and earth wire include, but are not limited to the following:

- compression type connectors;
- cone or wedge type clamps;
- bolted type clamps;
- factory-formed helical fittings;
- fittings installed using explosive charge.

The above fitting types may be used for tension and non-tension joints, and T connectors. When the fittings are designed so as not to provide electrical continuity of the conductor (e.g. a tension clamp) the fittings shall not reduce the electrical capability of the conductor or earth wire.

Les raccords utilisés pour les connexions assurant la continuité électrique doivent satisfaire aux exigences de l'article 5.

Les raccords munis d'oeillets auxiliaires destinés à être utilisés pendant la construction ou l'entretien doivent être marqués avec une charge de rupture minimale spécifiée par le fabricant.

L'ensemble des raccords doit être conçu de manière à minimiser les vides internes et à éviter la pénétration ou le piégeage d'humidité en cours de service.

Le raccord peut être muni d'un composé inhibiteur d'oxydation destiné à réduire l'oxydation du métal aux points de contact électrique entre métaux. Ces composés sont utilisés couramment dans les raccords comprimés pour remplir les vides internes et éviter la pénétration d'eau en cours de service.

Les raccords et les connecteurs doivent être conçus de manière que, après montage, la zone de contact initial du matériel d'équipement et du conducteur n'engendre pas des contraintes pouvant entraîner une rupture dues aux vibrations éoliennes ou autres oscillations du conducteur.

Les raccords et les connecteurs destinés à connecter des conducteurs construits en deux matériaux différents doivent être conçus de manière à éviter une corrosion bimétallique.

Les raccords et les connecteurs doivent être conçus de manière à éviter des pressions localisées susceptibles de provoquer un fluage à froid excessif du matériau utilisé pour le conducteur ou le câble de garde.

Les raccords et les connecteurs destinés au rétablissement des propriétés électriques et mécaniques d'un conducteur doivent comporter des instructions du fabricant clairement définies quant à l'étendue des dommages qu'ils sont destinés à réparer.

#### 4.2.4 Pièces de garde d'isolateurs

Si l'on utilise des tubes d'acier pour les pièces de garde des isolateurs, les surfaces intérieure et extérieure du tube doivent être galvanisées à chaud.

Si le tube est scellé après galvanisation, la qualité de la surface intérieure doit être décidée conjointement par l'acheteur et le fournisseur.

Pour les pièces de garde d'isolateurs conçues pour protéger les chaînes d'isolateurs contre les dommages provoqués par des arcs de puissance (cornes de garde, anneaux de garde, anneaux), le client doit indiquer les conditions de court-circuit dans la commande.

Les pièces de garde doivent être conçues de manière à ne pas être sujettes à rupture par fatigue provoquée par des vibrations éoliennes. Les pièces de garde d'isolateurs doivent supporter une charge mécanique statique fixée conjointement par le fournisseur et l'acheteur.

Fittings used for electrical continuity connections shall meet the requirements of clause 5.

Those fittings with auxiliary eyes intended for use during construction or maintenance shall be marked with a specified minimum failure load stated by the manufacturer.

All fittings shall be designed to minimize internal voids and to prevent the ingress or entrapment of moisture during service.

Fittings may be provided with an oxide-inhibiting compound intended to reduce metal oxidation at metal-to-metal electrical contact points. These compounds are commonly used in compression fittings to fill internal voids and to prevent ingress of water during service.

Fittings and connectors shall be designed such that after installation, the initial contact area between the fitting and the conductor does not raise stresses which may lead to failure under aeolian vibration or other conductor oscillation conditions.

Fittings and connectors intended to connect conductors of two dissimilar materials shall be designed to avoid bimetallic corrosion.

Fittings and connectors shall be designed to avoid localized pressures which may cause excessive cold flow of the conductor or earth wire material.

Fittings and connectors intended for the restoration of electrical and mechanical properties of a conductor shall have clearly defined manufacturer's instructions as to the extent of damage which they are intended to repair.

#### 4.2.4 *Insulator protective fittings*

Should steel tubes be used for insulator protective fittings, both the internal and external surfaces of the tubes shall be hot dip galvanized.

When the tube is sealed after galvanizing, the quality of the internal surface shall be agreed between purchaser and supplier.

For insulator protective fittings designed to protect insulator sets against damage caused by power arcs (arcing horns, arcing rings, rings) the short-circuit current conditions shall be stated by the customer in the order.

The protective fittings shall be designed in such a way as not to be subject to breakage through fatigue due to vibration caused by the wind. The insulator protective fittings shall withstand a static mechanical load agreed upon between supplier and purchaser.

## 5 Essais de cycles thermiques

### 5.1 Objectif

Les essais de cycles thermiques sont des essais de type destinés à s'assurer des performances électriques à long terme des manchons conducteurs de courant.

Lorsqu'une conception de manchons satisfait aux exigences de cet article, on s'attend à ce qu'en service:

- a) la résistance électrique du manchon reste stable;
- b) la température du manchon ne dépasse pas celle du conducteur auquel il est fixé;
- c) si la conception et l'utilisation du manchon exigent l'application d'essai de court-circuit, ces courants n'affectent pas la performance des manchons.

### 5.2 Manchons

#### 5.2.1 Généralités

Les manchons conducteurs de courant, manchons comprimés ou toutes les autres formes de manchons mécaniques peuvent être divisés en deux groupes principaux en ce qui concerne la résistance à la traction: les manchons travaillant en traction et les autres (voir annexe A).

#### 5.2.2 Températures de service

Les essais de cycles thermiques spécifiés dans cet article s'appliquent aux manchons destinés à être utilisés sur des conducteurs dont la température maximale autorisée en service est la suivante:

- courant admissible en permanence  $\leq 80$  °C
- température de court-circuit  $\leq 200$  °C

Dans les cas particuliers où un manchon est calculé pour des températures de conducteurs plus élevées que celles indiquées ci-dessus, les températures d'essai en 5.2.1 et 5.2.3.1 doivent être modifiées en conséquence, après accord entre le fournisseur et l'acheteur.

#### 5.2.3 Classification pour essais

Bien que l'on ne puisse pas clairement identifier toutes les applications éventuelles des manchons, les deux catégories de manchons ci-dessous ont été définies pour les essais:

- catégorie A: les manchons sont soumis uniquement à des cycles thermiques électriques. Les manchons types de la catégorie A sont des manchons travaillant en traction (voir 5.2.1);
- catégorie B: les manchons sont soumis à des cycles thermiques électriques et à un essai de surintensités de courants de courte durée. Les manchons types de la catégorie B sont des manchons ne travaillant pas en traction (voir 5.2.1).

L'essai aux surintensités de courants de courte durée n'est pas réalisé pour la catégorie A car la construction des manchons travaillant en traction est généralement si robuste pour satisfaire aux exigences mécaniques, que cet essai n'est pas nécessaire, sauf si le manchon est constitué de fils préformés en hélice où le trajet du courant est susceptible de ne pas être le même dans tous les brins.

Toutefois, l'essai aux surintensités de courants de courte durée peut également être réalisé sur les manchons de catégorie A après accord entre le fournisseur et l'acheteur.

## 5 Heat cycle tests

### 5.1 Purpose

Heat cycle tests are type tests aimed at ascertaining the long term electrical performance of current-carrying joints.

When a design of joint meets the requirements of this clause, then it is expected that in service:

- a) the electrical resistance of the joint remains stable;
- b) the temperature of the joint will not exceed that of the conductor to which it is attached;
- c) if the design and intended use of the joint demands the application of short-time overcurrent tests, such currents will not adversely effect the performance of the joints.

### 5.2 Joints

#### 5.2.1 General

The current-carrying joints consisting of compression and all other forms of mechanical connectors can be divided into two main groups regarding the tensile strength: tension joints and non-tension joints (see annex A).

#### 5.2.2 Service temperatures

The heat cycle tests specified in this clause apply to the joints for use on conductors having the following maximum permissible temperature in service:

- continuous current rating  $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
- temperature during the short circuit  $\leq 200\text{ }^{\circ}\text{C}$

In special cases, if a joint is designed for higher conductor temperatures than those shown above, the test temperatures of 5.5.2.1 and 5.5.3.1 shall be modified correspondingly, as agreed upon between supplier and purchaser.

#### 5.2.3 Classification for test purposes

Although all possible joint applications may not be clearly identified, the following two classes of joints are defined for the test purposes:

- class A: the joints are subjected to electrical heat cycles only. Typical joints for class A joints are tension joints (see 5.2.1);
- class B: the joints are subjected to electrical heat cycles and short-time overcurrent pulse test. Typical joints for class B joints are non-tension joints (see 5.2.1).

The short-time overcurrent pulse test is omitted in class A because the construction of tension joints is normally so massive in order to meet the mechanical requirements that this test is not necessary, except if a joint consists of helically formed wires where the current path is unlikely to be uniform in all strands.

However, the short time overcurrent pulse test can also be made on the joints of class A if agreed between the supplier and the purchaser.

### 5.3 *Echantillons*

#### 5.3.1 *Généralités*

On réalisera l'essai sur quatre manchons.

Les manchons fournis pour l'essai doivent être identiques à ceux livrés dans le commerce.

#### 5.3.2 *Manchons multi-gamme*

En général, les manchons doivent être essayés pour toutes les configurations de conducteurs pour lesquelles ils ont été conçus.

Toutefois, avec l'accord de l'acheteur, l'exception suivante est autorisée afin de limiter le nombre d'essais: si un connecteur est conçu pour plus d'une dimension de conducteur, l'essai doit être réalisé sur la plus grande et la plus petite des dimensions de ce conducteur dans la gamme de conception déclarée du fournisseur.

#### 5.3.3 *Préparation*

Les surfaces de contact des connecteurs et des conducteurs doivent être préparées conformément aux instructions du fournisseur.

Les connecteurs doivent être installés en stricte conformité avec les instructions du fournisseur sur les conducteurs de la dimension et du type pour lesquels ils doivent être employés, sans autre préparation. On ne doit réaliser aucun serrage ultérieur des manchons.

#### 5.3.4 *Identification des échantillons*

Les informations techniques suivantes doivent être enregistrées pour les connecteurs et les conducteurs d'essai avant de réaliser l'essai.

##### Connecteurs

- fabricant, numéro de nomenclature ou de référence;
- catégorie de manchons: A ou B;
- technique d'assemblage: préparation des surfaces de contact, graisse des manchons (éventuelle), détails de la méthode de montage et des outils à employer.

##### Conducteurs

- spécifications;
- matériaux;
- dimensions et composition.

### 5.4 *Dispositif d'essai*

#### 5.4.1 *Conditions d'essai*

L'essai doit être réalisé à l'abri des courants d'air à une température ambiante comprise entre 15 °C et 30 °C. Le montage d'essai doit être assemblé de manière que la distance entre manchons ou toute autre connexion introduite de manière à faciliter l'essai, permettent d'assurer une interférence thermique négligeable. L'ensemble doit être supporté de telle manière que l'air puisse circuler librement autour de l'assemblage afin d'assurer un refroidissement naturel par convection. Si l'on utilise un refroidissement accéléré, ce dernier doit affecter l'ensemble de manière uniforme.

### 5.3 *Test specimens*

#### 5.3.1 *General*

The number of joints to be tested shall be four.

The connectors supplied for the test shall be identical to those to be delivered commercially.

#### 5.3.2 *Multi-range connectors*

In general, connectors shall be tested on all configurations of conductor for which they are designed.

However, with the agreement of the purchaser the following exception is allowed to limit the number of tests: if a connector is designed for more than one size of conductor, the test shall be made on both the largest and smallest of such conductor sizes within the supplier's declared design range.

#### 5.3.3 *Preparation*

The contact surfaces of the connectors and conductors shall be prepared in accordance with the supplier's instructions.

The connectors shall be installed strictly according to the supplier's instructions on conductors of the size and type with which they are to be employed without any further preparation. No subsequent tightening of the joints shall be made.

#### 5.3.4 *Data on test specimens*

The following technical details of the test connectors and conductors shall be recorded before making any test.

##### Connectors

- manufacturer, catalogue or reference number;
- class of joint: A or B;
- assembly technique: preparation of contact surfaces, joint grease (if any), details of installation method and tooling to be employed.

##### Conductors

- specification;
- material;
- size and stranding.

### 5.4 *Test arrangements*

#### 5.4.1 *Test conditions*

The test shall be carried out in reasonably draught-free conditions at an ambient temperature between 15 °C and 30 °C. The test assembly shall be erected so that the distance between joints, or any other connections introduced to facilitate testing, shall be sufficient to ensure negligible thermal interference. The assembly shall be supported in such a way that air may freely circulate around the assembly to provide cooling by natural convection. If accelerated cooling is employed this shall affect the whole assembly uniformly.

Les essais doivent être conduits sur des conducteurs neufs et une tension mécanique ne dépassant pas 20 % de la charge de rupture assignée du conducteur principal peut être appliquée à l'ensemble des manchons travaillant en traction (voir annexe A).

#### 5.4.2 Conducteurs de référence

Pour permettre la mesure de la résistance et de la température, l'assemblage doit comporter une longueur de conducteurs non manchonnés que l'on doit utiliser comme référence pour la mesure de résistance et de température. Si un manchon est tel que deux dimensions différentes de conducteurs soient raccordées, on doit utiliser la plus petite de ces longueurs comme conducteur de référence. La longueur du conducteur de référence ne doit pas être inférieure à 100 fois son diamètre, avec une longueur maximale de 4 m.

#### 5.4.3 Points de potentiel

Pour la mesure de la résistance, des points de potentiel doivent être installés sur le conducteur à une distance de 25 mm des extrémités de tous les manchons d'essai. Pour le conducteur de référence, les points de potentiel des manchons donnés dans les annexes B et C doivent être utilisés.

NOTE – Voir l'annexe G pour un exemple de méthode procurant un point de potentiel pratique. D'autres types de points de potentiel fréquemment utilisés peuvent être employés.

#### 5.4.4 Installation de la boucle d'essai

Les annexes B et C donnent une disposition type de boucle d'essai avec les longueurs minimales entre les manchons et autres connexions.

Pour les manchons en T, les deux possibilités de passage pour le courant peuvent être testées séparément sur accord entre le client et le fournisseur.

#### 5.4.5 Mesures

##### 5.4.5.1 Mesures de résistance

La résistance de chaque manchon d'essai et du conducteur de référence doit être mesurée entre les points de potentiel installés conformément à 5.4.3.

Lors de la réalisation de la mesure de résistance, la température du conducteur de référence et des manchons d'essai doit être relevée et la valeur de la résistance obtenue doit être rapportée à 20 °C à l'aide de la formule suivante:

$$R_{20} = \frac{R_{\theta}}{1 + \alpha_{20} (\theta - 20)}$$

où

$R_{\theta}$  est la résistance mesurée;

$\theta$  est la température (en degrés Celsius) du manchon ou du conducteur de référence au moment de la mesure;

$\alpha_{20}$  est le coefficient de variation de la résistance avec la température.

Ce coefficient peut être pris égal à:

$\alpha_{20} = 4 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$  pour le cuivre, l'aluminium et les câbles en aluminium-acier;

$\alpha_{20} = 3,6 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$  pour les alliages d'aluminium.

The tests shall be carried out employing new conductors and a mechanical tension not exceeding 20 % of the rated tensile strength of the main conductor may be applied to the assembly of tension joints (see annex A).

#### 5.4.2 Reference conductor

For the purpose of resistance and temperature measurements, the assembly shall contain a length of unjointed conductor which shall be used as the reference for resistance and temperature measurements. If a joint is such that two sizes of conductor are being connected into the assembly, the smaller of the two shall be used as the reference conductor. The length of the reference conductor shall be not less than 100 times its diameter, up to a maximum of 4 m long.

#### 5.4.3 Potential points

Potential points for resistance measurements shall be installed on the conductor at a distance of 25 mm from the ends of all test joints. For the reference conductor, the potential points of the joints shown in annexes B and C shall be used.

NOTE – See Annex G for an example of a method of providing a practical potential point. Other types of frequently used points of potential could be used.

#### 5.4.4 Installation of test loop

Typical arrangements of the test loop are shown in annexes B and C, together with the minimum conductor lengths between the joints and other connections.

On the T joints both current paths can be tested separately if agreed between purchaser and supplier.

#### 5.4.5 Measurements

##### 5.4.5.1 Resistance measurement

The resistance of each test joint and reference conductor shall be measured between the potential points installed in accordance with 5.4.3.

In carrying out resistance measurements, the temperature of reference conductor and test joints shall be read and the resistance value obtained shall be related to 20 °C by means of the following formula:

$$R_{20} = \frac{R_{\theta}}{1 + \alpha_{20} (\theta - 20)}$$

where

$R_{\theta}$  is the measured resistance;

$\theta$  is the temperature (in Celsius degrees) of the joint or the reference conductor when it is measured;

$\alpha_{20}$  is the thermal coefficient of resistance.

This coefficient can be taken equal to:

$\alpha_{20} = 4 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$  for copper, aluminium and ACSR;

$\alpha_{20} = 3,6 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$  for aluminium alloy.

La mesure de résistance doit être réalisée à l'aide d'un courant continu d'intensité inférieure ou égale à 10 % du courant alternatif d'essai. Les connexions provisoires utilisées pour la mesure de résistance doivent être situées à une distance égale à au moins 50 fois le diamètre du conducteur à partir du manchon et doivent être réalisées de manière à établir un contact effectif avec tous les brins du conducteur pris en compte pour le calcul de sa résistance équivalente.

Les instruments utilisés pour la mesure de résistance devront produire une erreur de mesure inférieure à 1 % ou à  $0,5 \mu\Omega$ , soit le plus grand de ces deux chiffres, quand l'instrument est calibré sur une résistance d'étalonnage certifiée.

NOTE - Il est important de noter que des erreurs de mesures de résistance augmentent les risques de rejet lors de l'application de la méthode d'évaluation mathématique décrite dans l'annexe E. Par exemple, il est recommandé de tenir compte des points suivants:

- La f.é.m. thermoélectrique peut affecter la précision d'une mesure de faible résistance (de l'ordre de  $10 \mu\Omega$ ). Pour compenser cela, il convient de procéder à deux mesures de résistance en inversant le courant de mesure entre les relevés. La moyenne des deux relevés est alors considérée comme la résistance réelle de l'échantillon.
- La durée pendant laquelle on laissera refroidir les échantillons avant de procéder à la mesure de résistance peut affecter la valeur de résistance mesurée et il est recommandé de laisser s'écouler un temps suffisant après arrêt du courant d'essai de cycle de charge. Pour les plus gros manchons dépassant  $200 \text{ mm}^2$ , ce temps peut atteindre 12 h.

Pour réduire la durée d'essai globale, le refroidissement forcé des éprouvettes est autorisé.

#### 5.4.5.2 Mesures de température

Les températures des manchons et des conducteurs de référence doivent être mesurées, y compris les températures ambiantes, à l'aide de thermocouples ou autres moyens adaptés d'une précision de  $2^\circ\text{C}$  ou mieux.

La température de manchon enregistrée doit être celle de la partie la plus chaude de la surface. Le thermocouple peut être inséré dans un petit trou percé dans le manchon ou être fixé sur la surface extérieure.

Pour le conducteur de référence, le thermocouple doit être positionné en son milieu et fixé soit dans un petit trou percé dans un conducteur soit en le glissant sous les brins de la couche extérieure d'un conducteur toronné (voir annexes B et C).

Les dispositifs de mesure de température ambiante de l'essai doivent être disposés de façon à ne pas être affectés par la chaleur dissipée par le circuit d'essai.

#### 5.4.5.3 Mesure de surintensités de courte durée (manchons de catégorie B)

Il est recommandé de mesurer l'amplitude et la durée de la surintensité à l'aide d'un oscilloscope enregistreur ou d'une technique équivalente.

### 5.5 Procédure d'essais de cycles thermiques

#### 5.5.1 Généralités

L'essai de cycle thermique doit comprendre  $N$  cycles de charge électrique. Le nombre  $N$  de cycles doit être choisi dans le tableau 1. Les surintensités de courte durée doivent être appliquées aux manchons de catégorie B conformément à 5.5.3.1 ainsi qu'aux manchons de catégorie A dans le cas de  $N$  cycles = 100.

The resistance measurements shall be made with direct current having a magnitude not higher than 10 % of the a.c. test current. The temporary current connections used for resistance measurements shall be at a distance of not less than 50 times the diameter of the conductor from the joint and shall be made so that effective contact is made with all those strands of the conductor which would be taken into account in calculating its equivalent resistance.

Instruments used for resistance measurement shall be accurate to within 1 % or  $0,5 \mu\Omega$ , whichever is the greater when the instrument is calibrated against a certified standard resistance bar.

NOTE – It is important to note that errors in resistance measurement increase the chance of rejection when applying the method of mathematical assessment described in annex E. For example, the following matters should be taken into account:

- Thermoelectric e.m.f may affect the accuracy of low resistance measurements (of the order of  $10 \mu\Omega$ ). To compensate for this, two resistance measurements should be taken with the measuring current reversed between readings. The mean of the two readings is then regarded as the actual resistance of the sample.
- The length of time for which samples are allowed to stand to cool before resistance measurements are made can have an effect on the value of resistance measured, and sufficient time should be allowed to elapse after switching off the load cycling test current. For larger joints exceeding  $200 \text{ mm}^2$ , this may be up to 12 h.

In order to reduce overall testing time, forced cooling of the test samples is permitted.

#### 5.4.5.2 *Temperature measurements*

The temperatures of the joints and reference conductors, including ambient, shall be measured by thermocouples or by other suitable means having an accuracy of  $2 \text{ }^\circ\text{C}$  or better.

The joint temperature recorded shall be that of the hottest part of its surface. The thermocouple may either be inserted in a small hole drilled into the joint or secured to the outside surface.

On the reference conductor the thermocouple shall be positioned at the mid point and securely located either in a small hole drilled into a solid conductor or by sliding it under the strands of the outer layer of a stranded conductor (see annexes B and C).

The devices to measure the ambient temperature throughout the test shall be placed so as not to be influenced by the heat dissipation of the test circuit.

#### 5.4.5.3 *Measurement of short-time overcurrent (class B joints).*

It is recommended that the magnitude and duration of the waveform of the short time overcurrent are measured using a storage oscilloscope or equivalent technique.

### 5.5 *Heat cycle tests procedure*

#### 5.5.1 *General*

The heat cycle test shall consist of  $N$  electrical load cycles. The number  $N$  of cycles shall be chosen from table 1. Short-time overcurrent impulses shall be applied to class B joints in accordance with 5.5.3.1 and also to Class A joints when  $N$  cycles = 100.

Chaque cycle comprend une période d'échauffement pendant laquelle le courant prescrit pour l'essai est appliqué au montage, suivie d'une période de refroidissement, le courant étant coupé.

L'essai de cycle thermique doit être réalisé à l'aide d'un courant alternatif.

**Tableau 1 – Conditions pour l'essai de cycle thermique**

$N$ (cycles)	$T_f$ (°C) (élévation de la température)	$N_{sc}$ (impulsions)
1 000	70	3*
500	100	3*
100	130***	8**

$N$  = nombre de cycles  
 $T_f$  = augmentation de la température du conducteur de référence au-dessus de la température ambiante  
 $N_{sc}$  = nombre d'impulsions de court-circuit pour manchons de catégorie B  
 \* = impulsions appliquées après  $N$  cycles  
 \*\* = impulsions appliquées après 0,5  $N$  cycles  
 \*\*\* = pour tous les types de conducteurs, la température (augmentation de la température plus température ambiante) doit être inférieure à 150 °C.

### 5.5.2 Manchons de catégorie A

#### 5.5.2.1 Procédure d'essai

Les manchons de catégorie A doivent être essayés à l'aide de la méthode des cycles thermiques électriques ( $N$  cycles) décrite ci-après.

- 1) L'essai doit être réalisé sur les manchons préparés conformément à 5.3.3. Après avoir positionné les quatre manchons dans le montage d'essai mais avant de commencer le cycle d'échauffement, la résistance de chaque manchon et la résistance du conducteur de référence doivent être mesurées comme précisé en 5.4.5.1. Puis, la résistance d'une longueur équivalente du conducteur de référence doit être calculée en tenant compte de la longueur du manchon.
- 2) Un courant d'essai doit être injecté dans l'assemblage.

La valeur et la durée du courant d'essai doivent être telles qu'elles élèvent la température du conducteur de référence à la valeur de  $T_f + 5_0$  °C (voir tableau 1) au-dessus de la température ambiante en maintenant cette température pendant 30 min. On peut utiliser un courant initial d'une valeur ne dépassant pas 150 % du courant d'essai pour assurer un échauffement accéléré destiné à réduire le temps d'élévation de la température du conducteur à  $T_f + 5_0$  °C au-dessus de la température ambiante.

3) A la fin de la période d'échauffement, le courant doit être stoppé et on laisse refroidir le conducteur jusqu'à 5 °C au-dessus de la température ambiante. On peut utiliser un refroidissement forcé pour réduire la durée du cycle.

4) Cette séquence doit être reproduite de manière à appliquer 0,1  $N$  cycles ( $\pm 0,02 N$  cycles) d'échauffement et de refroidissement.

5) Durant l'un des cinq derniers cycles des 0,1  $N$  cycles ( $\pm 0,02 N$  cycles), la température du conducteur et la température de chaque manchon doit être mesurée, pendant les 15 dernières minutes de la période de 30 min.

Each cycle includes a heating period where the test assembly is loaded by the test current, followed by a subsequent cooling period with the current switched off.

The heat cycle test shall be carried out employing an alternating current.

**Table 1 – Conditions for heat cycle test**

$N$ (cycles)	$T_f$ (°C) (temperature rise)	$N_{sc}$ (pulses)
1 000	70	3*
500	100	3*
100	130***	8**

$N$  = number of cycles  
 $T_f$  = temperature rise of the reference conductor above the ambient  
 $N_{sc}$  = number of short circuit pulses for class B joints  
 \* = pulses applied after  $N$  cycles  
 \*\* = pulses applied after 0,5  $N$  cycles  
 \*\*\* = for all types of conductors the temperature (temperature rise plus ambient temperature) shall be less than 150 °C.

## 5.5.2 Joints of class A

### 5.5.2.1 Test procedure

The joints of class A shall be tested by the electrical heat cycle ( $N$  cycles) method described below.

1) The test shall be carried out on the joints prepared in accordance with 5.3.3. After the four joints have been placed in the test assembly, but prior to heat cycling, the resistance across each joint and the resistance of the reference conductor shall be measured as specified in 5.4.5.1. Taking into account the length of the joint, the resistance of an equivalent length of the reference conductor shall then be calculated.

2) A test current shall then be passed through the assembly.

The value and duration of the test current shall be such as to raise the reference conductor temperature to the value of  $T_f + 5$  °C (see table 1) above ambient and maintain this temperature for 30 min. The use of an initial current of value not greater than 150 % of the test current, to provide accelerated heating to reduce the time to raise the conductor to  $T_f + 5$  °C above ambient, is permitted.

3) At the end of the heating period, the current shall be interrupted and the conductor allowed to cool to within 5 °C above ambient. Forced cooling to reduce the time cycle is permitted.

4) This sequence of operation shall be repeated so that 0,1  $N$  cycles ( $\pm 0,02 N$  cycles) of heating and cooling are applied.

5) On one occasion during the last five cycles of the 0,1  $N$  cycles ( $\pm 0,02 N$  cycles), the conductor temperature and temperature of each joint shall be measured during the last 15 minutes of the 30 min period.

6) L'ensemble doit alors être libre de se refroidir jusqu'à la température ambiante.

Puis on mesure et on enregistre la résistance de chaque manchon.

7) Le cycle d'échauffement doit être poursuivi en mesurant la température et la résistance à la fin de chaque  $0,1 N$  cycles jusqu'à ce que l'on ait réalisé  $0,5 N$  cycles.

8) On procède à nouveau à  $0,5 N$  cycles en mesurant la résistance tous les  $0,05 N$  cycles ( $\pm 0,01 N$  cycles) et la température tous les  $0,1 N$  cycles ( $\pm 0,02 N$  cycles).

Les manchons ne doivent pas être serrés ou réglés pendant l'essai.

La séquence ci-dessus est représentée sous une forme schématique à l'annexe D.

Dans le cas où des essais de court-circuit seraient nécessaires, ces essais doivent être réalisés conformément à 5.5.3.1 pour les manchons de catégorie B.

#### 5.5.2.2 Critères de réception (manchons de catégorie A)

Chaque manchon doit satisfaire aux critères suivants:

- 1) La résistance initiale du manchon ne doit pas différer de plus de 30 % de la moyenne de la résistance initiale de chacun des quatre manchons assemblés pour l'essai.
- 2) La température de la surface du manchon mesurée tous les  $0,1 N$  cycles lors du passage du courant d'essai ne doit pas dépasser la température du conducteur de référence.
- 3) La résistance électrique du manchon mesurée à la fin de chaque  $0,1 N$  cycles à température ambiante ne doit pas dépasser 75 % de la résistance mesurée de la longueur équivalente du conducteur de référence.
- 4) La résistance moyenne du manchon sur les  $0,5 N$  derniers cycles ne doit pas dépasser la résistance initiale du manchon de plus de 50 %.
- 5) Une courbe de la résistance par rapport au nombre de cycles doit montrer avec une probabilité raisonnable que l'augmentation de la résistance au cours des  $0,5 N$  derniers cycles n'est pas supérieure à 15 % de la résistance moyenne pendant la même période. La méthode utilisée pour déterminer cette probabilité doit être conforme à l'annexe E.

#### 5.5.3 Manchons de catégorie B

##### 5.5.3.1 Procédure d'essai

La procédure d'essai doit être identique à celle indiquée en 5.5.2.1 pour les manchons de catégorie A à l'exception de ce qui suit:

- 1) Des surintensités de courte durée doivent être appliqués au montage d'essai.
- 2) Si le nombre  $N$  de cycles d'échauffement est égal à 1 000 ou 500, trois surintensités de courte durée doivent être appliquées après  $N$  cycles d'échauffement (tableau 1).

Si le nombre  $N$  de cycles d'échauffement est égal à 100, huit surintensités de courte durée doivent être appliqués après 50 cycles thermiques (tableau 1).

La valeur du courant doit être suffisante pour porter la température du conducteur de référence à une valeur égale à  $180\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$  au-dessus de la température ambiante.

- 6) The assembly shall then be allowed to cool to ambient and the resistance of each joint measured and recorded.
- 7) Heat cycling shall then be continued with temperature and resistance measurement at the end of each  $0,1 N$  cycles until  $0,5 N$  cycles have been completed.
- 8) A further  $0,5 N$  cycles shall then follow with resistance measurements taken every  $0,05 N$  cycles ( $\pm 0,01 N$  cycles) and temperature measurement every  $0,1 N$  cycles ( $\pm 0,02 N$  cycles).

The joints shall not be tightened or adjusted during the test.

The above sequence is shown in diagrammatic form in annex D.

In the event of short-time overcurrent tests being required, these tests shall be carried out in accordance with 5.5.3.1 for class B joints.

#### 5.5.2.2 Acceptance criteria (class A joints)

Each joint shall meet the following criteria:

- 1) The initial resistance of the joint shall not differ by more than 30 % from the mean of the initial resistance of each of the four joints assembled for test.
- 2) The temperature of the surface of the joint, measured every  $0,1 N$  cycles when the test current is flowing, shall not exceed that of the reference conductor.
- 3) The electrical resistance of the joint measured at the end of every  $0,1 N$  cycles at ambient temperature, shall not exceed 75 % of the measured resistance of the equivalent length of the reference conductor.
- 4) The average resistance of the joint over the last  $0,5 N$  cycles shall not exceed the initial resistance of the joint by more than 50 %.
- 5) A graph of resistance against number of cycles shall demonstrate with a reasonable probability that the rise in resistance over the last  $0,5 N$  cycles is not more than 15 % of the average resistance over the same period. The method employed for the determination of this probability shall be in accordance with annex E.

#### 5.5.3 Joints of class B

##### 5.5.3.1 Test procedure

The test procedure shall be the same as in 5.5.2.1 for joints of class A with the following exceptions:

- 1) Short-time overcurrent pulses shall be applied to the test assembly.
- 2) If the number  $N$  of heat cycles is 1 000 or 500, three short-time overcurrent pulses shall be applied after the  $N$  heat cycles (see table 1).

If the number  $N$  of heat cycles is 100, eight short-time overcurrent pulses shall be applied after 50 heat cycles (see table 1).

The value of current shall be of a magnitude sufficient to raise the reference conductor temperature to a value of  $180\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$  above ambient.

La durée de l'impulsion doit être de 1 s pour les conducteurs d'une section  $\leq 100 \text{ mm}^2$  et jusqu'à 5 s pour les conducteurs ayant une section  $> 100 \text{ mm}^2$ .

Cette température pourra être atteinte après l'arrêt de l'impulsion de courant.

Le montage d'essai doit être libre de se refroidir jusqu'à la température ambiante entre les impulsions.

A la fin de l'essai de surintensité de courte durée, on laissera refroidir le montage à la température ambiante.

3) La résistance de chaque manchon soumis à l'essai doit être mesurée et enregistrée avant et après l'essai de surintensités de courants de courte durée.

#### 5.5.3.2 Critères de réception (catégorie B)

Chaque manchon doit satisfaire aux critères suivants:

- 1) La résistance initiale du manchon ne doit pas différer de plus de 30 % de la moyenne de la résistance initiale de chacun des quatre manchons assemblés pour l'essai.
- 2) La température de la surface du manchon mesurée tous les 0,1 *N* cycles lors du passage du courant d'essai ne doit pas dépasser celle du conducteur de référence.
- 3) La résistance moyenne du manchon au cours des 0,5 *N* derniers cycles ne doit pas dépasser la résistance initiale de plus de 50 %.
- 4) Une courbe de la résistance par rapport au nombre de cycles doit démontrer avec une probabilité raisonnable que l'augmentation de la résistance au cours des derniers 0,5 *N* cycles n'est pas supérieure à 15 % de la résistance moyenne pendant la même période.

La méthode utilisée pour déterminer cette probabilité doit être conforme à l'annexe E.

- 5) La résistance du manchon mesurée après l'essai de chocs de courant de court-circuit ne doit pas dépasser la valeur de la résistance mesurée avant l'essai de surintensité de courte durée de plus de 50 %.

## 6 Essais d'effet couronne et de perturbations radioélectriques

### 6.1 Objectif

Cet article décrit les méthodes d'essai à utiliser pour déterminer les performances du matériel d'équipement en ce qui concerne l'effet couronne et les perturbations radioélectriques. Il ne traite pas des limites de perturbations radioélectriques admissibles ou des tensions d'extinction de l'effet couronne ni de gradients de tension d'extinction de l'effet couronne spécifiés par des règlements ou la pratique des compagnies d'électricité. Les essais d'effet couronne et de perturbations radioélectriques sont des essais de type.

### 6.2 Description des méthodes d'essai

L'essai est réalisé pour déterminer les niveaux de perturbations radioélectriques et/ou les valeurs d'extinction de l'effet couronne (on peut considérer la polarité positive ou négative de l'effet selon les spécifications de l'acheteur). Si l'acheteur précise qu'il faut déterminer le niveau de tension de perturbations radioélectriques, l'essai doit être réalisé conformément au CISPR 16 et CISPR 18-2. A noter que le niveau de tension de perturbations radioélectriques est étroitement lié à la polarité positive (voir figure 2 et annexe H).

The duration of the pulse shall be 1 s for conductors  $\leq 100 \text{ mm}^2$  and up to 5 s for conductor  $> 100 \text{ mm}^2$  actual cross-section.

It is permissible for the temperature to be attained after the current pulse has been switched off.

The test assembly shall be allowed to cool to ambient between pulses.

On completion of the short-time overcurrent pulse testing the assembly shall be allowed to cool to ambient temperature.

3) The resistance of each joint under test shall be measured and recorded before and after the short-time overcurrent pulse test.

#### 5.5.3.2 Acceptance criteria (class B)

Each joint shall meet the following criteria:

- 1) The initial resistance of the joint shall not differ by more than 30 % from the mean of the initial resistance of each of the four joints assembled for test.
- 2) The temperature of the surface of the joint, measured every 0,1 *N* cycles when the test current is flowing, shall not exceed that of the reference conductor.
- 3) The average resistance of the joint over the last 0,5 *N* cycles shall not exceed the initial resistance of the joint by more than 50 %.
- 4) A graph of resistance against number of cycles shall demonstrate with a reasonable probability that the rise in resistance over the last 0,5 *N* cycles is not more than 15 % of the average resistance over the same period.

The method employed for the determination of this probability shall be in accordance with annex E.

- 5) The joint resistance measured after the short-time overcurrent pulse test shall not exceed the resistance value measured before the short-time overcurrent current pulse test by more than 50 %.

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

### 6.1 Purpose

This clause outlines test methods to be used in determining the RIV and corona performance of fittings. It does not address permissible RI limits or specified corona extinction voltages or corona extinction voltage gradients which are set by regulations or utility practice. Corona and RIV tests are type tests.

### 6.2 Description of test methods

The test is carried out to determine RIV levels and/or the extinction values of corona (the corona may be positive or negative as specified by the purchaser). If the purchaser specifies that the RIV level needs to be determined, it shall be carried out in accordance with CISPR 16 and CISPR 18-2. It should be noted that the RIV level is closely correlated to positive corona (see figure 2 and annex H).

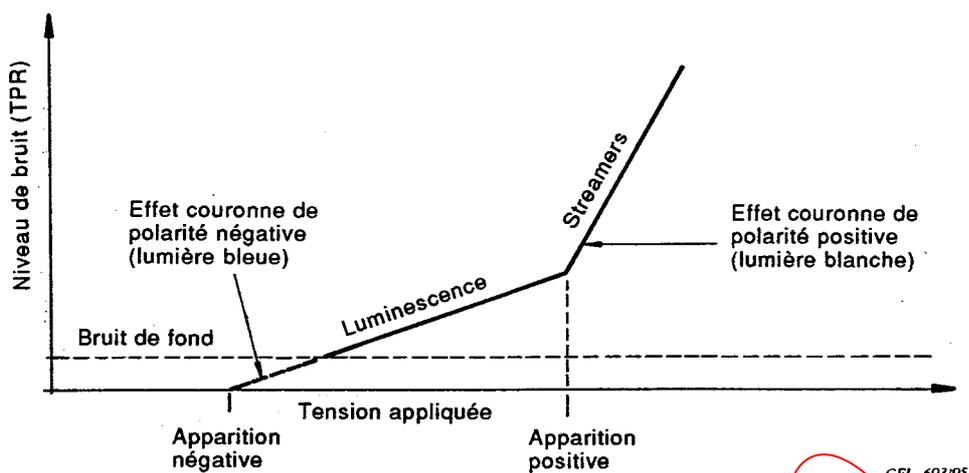


Figure 2 – Relation type entre effet couronne observé et TPR

Cette norme décrit deux méthodes d'essai différentes:

#### *Méthode des tensions*

Celle-ci spécifie une tension d'essai fixe,  $V$ , en dessous de laquelle il ne doit pas exister d'effet couronne et simule les conditions de service en détaillant la proximité des plans de terre.

#### *Méthode des gradients de potentiel*

Cette méthode spécifie un gradient de tension fixe à la surface du conducteur d'essai en dessous duquel il ne doit pas exister d'effet couronne et simule des conditions de service en utilisant des plans de terre adéquats. La tension d'essai nécessaire pour produire ce gradient varie avec la proximité des plans de terre et ne doit pas s'écarter de plus de 30 % de la tension de service maximale phase-terre.

Outre l'observation de l'effet couronne, la performance du matériel d'équipement aux perturbations radioélectriques peut être déterminée en utilisant l'un ou l'autre des montages d'essais.

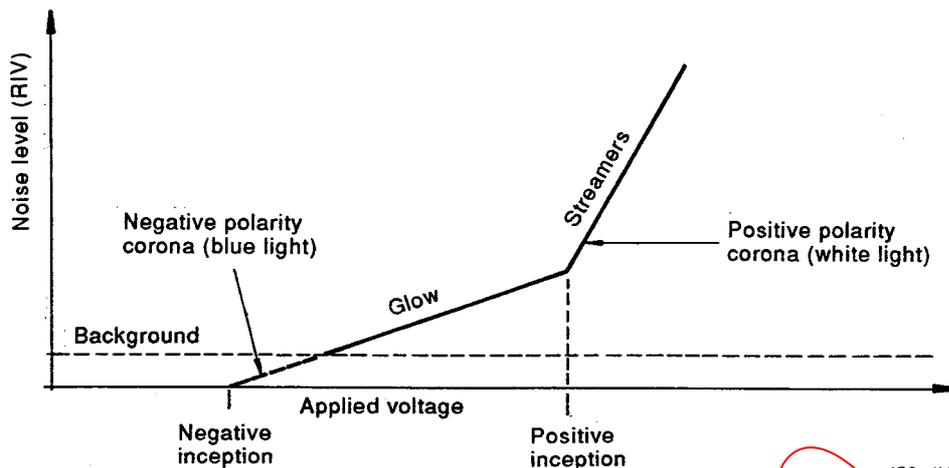
### 6.3 Généralités

Des essais de type sur trois échantillons doivent être réalisés pour les pièces individuelles. Les essais de type sur chaînes complètes doivent être réalisés sur un assemblage. Le montage du matériel d'équipement soumis à essai doit reproduire aussi fidèlement que possible les conditions de service.

L'essai doit être réalisé dans des conditions d'humidité relative allant de 20 % à 80 %.

La configuration géométrique ainsi que la tension de service maximale de la ligne aérienne à laquelle est destiné le matériel d'équipement d'essai doivent être connues. Au cours de cet essai, on utilise une phase unique pour produire la tension ou les gradients de tension spécifiés liés aux valeurs rencontrées sur les conducteurs de la ligne de transport triphasée.

Le matériel d'équipement doit être fixé à une longueur de conducteurs ou de sous-conducteurs de la dimension et du type sur lequel le matériel d'équipement est destiné à être utilisé. Des barres ou des tubes métalliques lisses ayant le même diamètre hors tout que le conducteur peuvent être utilisés pour simuler les conducteurs.



IEC 693:95

**Figure 2 – Typical relationship between observed corona and RIV**

There are two test methods described in this standard:

#### *Voltage method*

This specifies a fixed test voltage,  $V$ , at which there shall be no corona and simulates service conditions by detailing the proximity of earth planes.

#### *Voltage gradient method*

This specifies a fixed voltage gradient at the surface of the test conductor at which there shall be no corona and simulates service conditions by using suitable earth planes. The test voltage required to produce this gradient depends on the proximity of the earth planes and shall not deviate from the maximum operating phase to earth voltage by more than  $\pm 30\%$ .

In addition to the corona observation, the RIV performance of the fittings can be determined using either test set-up.

### 6.3 General

Type tests on individual fittings shall be carried out on three samples. Type tests on complete insulator sets shall be carried out on one sample assembly. The assembly with the fittings under test shall represent as closely as possible the service conditions.

The test shall be carried with a relative humidity of between 20 % and 80 %.

The geometrical configuration as well as the maximum operating voltage of the overhead line for which the test fitting is intended shall be known. In this test, a single phase is used to produce specified voltage or voltage gradients related to those that occur on the conductors of the three-phase transmission line.

The fitting shall be attached to a length of conductor or sub-conductor of the size and type with which the fitting is to be used. Smooth metal rods or tubes with the same overall diameter as the conductor may be used to simulate the conductors.

Le conducteur d'essai doit être positionné parallèlement à un plan de terre conducteur de référence et muni aux extrémités de sphères ou d'anneaux pare-effluves. Le diamètre des sphères ou des anneaux devra être conforme à 6.8.2.

Le plan de terre peut être représenté par un plafond, mur, plancher adéquat ou un ouvrage construit spécialement dans ce but.

Le conducteur et l'ouvrage plan suggéré doivent être positionnés de manière que le conducteur soit à peu près centré par rapport au plan. Les objets mis à la terre et n'entrant pas dans le montage d'essai doivent être éloignés d'un point quelconque du conducteur d'essai d'une distance au moins égale à 1,4 fois celle séparant le conducteur et la terre de référence.

Le montage d'essai peut être soutenu ou positionné par des tiges, cordes ou chaînes non conductrices, exemptes de bruit. La connexion à l'alimentation de l'essai doit être réalisée à partir d'une extrémité du conducteur. L'alimentation d'essai et la connexion doivent être positionnées de manière à ne pas modifier le gradient sur l'objet testé.

#### *Assemblage de suspension*

Le conducteur d'essai ou le faisceau doivent être installés horizontalement. La pince de suspension essayée et la chaîne d'isolateurs doivent fournir un support au point central.

La méthode des tensions doit utiliser des supports, consoles et plan de terre simulés conformément à 6.8. La méthode des gradients de tension doit utiliser des écrans de terre adéquats conformément à 6.9.

#### *Assemblage d'ancrage*

Le montage d'essais doit être assemblé dans les conditions de service et doit comprendre un manchon ou une pince d'ancrage avec cosses de dérivation et conducteur. Le montage d'essai doit être assemblé avec les isolateurs en position verticale ou horizontale selon l'accord entre l'acheteur ou le fournisseur.

La méthode des tensions doit utiliser des supports, consoles, plan de terre et bretelles simulés conformément à 6.8. La méthode du gradient de tension doit utiliser des écrans de terre adéquats conformément à 6.9.

#### *Autres matériels d'équipement*

Les matériels d'équipement tels que entretoises, amortisseurs de vibrations, manchons de jonction, etc., doivent être installés conformément aux conditions de service. Le conducteur ou le faisceau doivent être supportés ou ancrés horizontalement à l'aide d'un des moyens décrits ci-dessus.

La longueur libre du conducteur et l'écartement minimal par rapport au plan de terre de référence doivent être conformes à 6.8 et à 6.9. Le conducteur doit être connectée par une extrémité à l'alimentation d'essai.

NOTE - Le type et l'état des isolateurs peuvent affecter la performance du matériel vis-à-vis de l'effet couronne et des perturbations radioélectriques. Si l'on utilise en particulier des isolateurs à capot et tige, une humidité relative inférieure à 40 % peut provoquer une augmentation sérieuse de la tension de perturbations radioélectriques. De même, la performance à l'effet couronne du matériel peut affecter la chaîne d'isolateurs qui y est fixée. Il importe de tester les différents assemblages avec le même type et la même fabrication d'isolateurs. Il convient que ces isolateurs soient, si possible, identiques à ceux destinés à être utilisés en service. De même, si possible, il convient que le choix des isolateurs utilisés pour les essais soit décidé conjointement entre l'acheteur et le fournisseur.

The test conductor shall be positioned parallel to a conducting reference earth plane and terminated with corona free spheres or rings. The diameter of the spheres or rings shall be in accordance with 6.8.2.

The earth plane may be represented by a suitable ceiling, wall, floor, or by a structure built specifically for the purpose.

The conductor and suggested plane structure shall be so positioned that the conductor is approximately centred with respect to the plane. Earthed objects not forming part of the test arrangement shall not be closer to any point on the test conductor than 1,4 times the distance between conductor and reference earth.

The test assembly may be supported or positioned by suitable non-conducting, noise-free rods, ropes or chains. The connection to the test supply shall be made from one end of the conductor. The test supply and connection shall be positioned so as not to affect the gradient at the test object.

#### *Suspension assembly*

The test conductor, or bundle, shall be mounted horizontally. At the midpoint, support shall be provided by the suspension clamp test specimen in combination with the suspension insulator set.

The voltage method shall use simulated towers, crossarms and earth planes in accordance with 6.8. The voltage gradient method shall use suitable earth screens in accordance with 6.9.

#### *Tension assembly*

The test assembly shall be assembled as in service and shall include the dead-end tension joint or clamp, complete with jumper terminals and conductor. The test assembly shall be mounted with the insulators vertical or horizontal as agreed between the purchaser and supplier.

The voltage method shall use simulated towers, crossarms, earth planes and jumpers in accordance with 6.8. The voltage gradient method shall use suitable earth screens in accordance with 6.9.

#### *Other fittings*

The fittings such as spacers, vibration dampers, mid-span joints, etc. shall be set up as in service. The conductor, or bundle, shall be supported, or tensioned horizontally, by any of the means described above.

The conductor free length, and the minimum clearance to the reference earth plane, shall be in accordance with 6.8 and 6.9. The conductor shall be connected at one end to the test supply.

NOTE - Insulator type and condition may affect the corona and RIV performance of the hardware assembly. Especially when using cap and pin insulators, relative humidity below 40 % may lead to a serious increase of RIV. Alternatively, the corona performance of the hardware assembly may affect the insulator string attached to it. It is important that different assemblies be tested with the same type and manufacture of insulator. These insulators should, if possible, be the same as those intended for service. Also, if possible, the insulators to be used for testing should be agreed between supplier and purchaser.

#### 6.4 *Circuit d'essai et instrumentation*

Les conditions d'essai doivent être contrôlées et les facteurs de correction appliqués conformément à la CEI 60-1.

Les procédures de TPR doivent être réalisées conformément au CISPR 16.

L'essai d'effet couronne doit être réalisé dans une pièce sombre. Il faut généralement au moins 15 min aux observateurs pour s'habituer à l'obscurité. Il est conseillé d'utiliser des jumelles ou un intensificateur d'images.

NOTE - Matériel d'observation recommandé: jumelles - 7 x 50 (min.), intensificateur d'images avec amplification de la lumière supérieure à 40 000.

L'enregistrement photographique éventuel de l'effet couronne doit être réalisé à l'aide d'un film et de matériel adapté à des temps d'exposition longs.

NOTE - Sensibilité de film recommandée  $\geq$  à 1 000 ASA et temps d'exposition recommandé  $\geq$  60 s.

Des informations complémentaires peuvent être obtenues à l'aide de récepteurs d'ultrasons directionnels ou d'autres moyens appropriés.

#### 6.5 *Procédures d'essai d'effet couronne et de perturbations radioélectriques*

Le matériel d'équipement d'essai doit être installé sur le montage. La tension doit être appliquée et portée à 120 % de la valeur d'extinction d'effet couronne minimale spécifiée. La tension doit être maintenue pendant au moins 5 min. La tension doit alors être réduite à 30 % de la valeur d'extinction d'effet couronne minimale spécifiée et portée à nouveau à 120 %. Enfin, elle doit être progressivement abaissée à 30 %.

Pendant la dernière période d'abaissement de la tension, les perturbations radioélectriques et/ou l'extinction de l'effet couronne doivent être enregistrés. Il est permis de réaliser des essais séparés pour les mesures d'extinction de l'effet couronne et des perturbations radioélectriques.

NOTE - Dans les cas où survient un effet de luminescence provoqué par l'effet couronne au-dessous du niveau d'extinction exigé pour l'effet couronne, on peut nettoyer la surface du matériel d'équipement à l'aide d'un chiffon sec et propre.

#### 6.6 *Critères de réception*

a) La valeur corrigée de l'extinction de l'effet couronne sur le matériel d'équipement obtenue pendant les essais doit être supérieure à la valeur minimale spécifiée d'extinction de l'effet couronne. Le choix de la valeur corrigée ou non corrigée doit faire l'objet d'un accord entre client et fournisseur.

NOTE - Il convient de déterminer les valeurs corrigées conformément à la CEI 60-1.

b) La tension de perturbations radioélectriques du matériel d'équipement enregistrée à la tension ou au gradient de tension sur le conducteur d'essai spécifié ne doit pas dépasser la tension de perturbations radioélectriques maximale spécifiée.

c) La courbe indiquant la tension de perturbations radioélectriques par rapport à la tension d'essai ne doit pas présenter de changement de pente brusque entre la tension ou le gradient de tension sur le conducteur d'essai spécifié et 110 % de la tension ou du gradient de tension sur le conducteur d'essai spécifié.

#### 6.4 Test circuit and instruments

Test conditions shall be monitored and correction factors applied in accordance with IEC 60-1.

RIV procedures shall be carried out in accordance with CISPR 16.

The corona test shall be performed in a fully-darkened room. Observers usually require a minimum of 15 min to be conditioned to the dark. The use of field glasses or an image intensifier is recommended.

NOTE - Recommended viewing equipment is: field glasses - 7 x 50 (min.), image intensifiers with light amplification greater than 40 000.

A photographic record of the corona, if required, shall be made with film and equipment suitable for long exposure times.

NOTE - Sensivity of the film  $\geq 1\ 000$  ASA and time of exposure  $\geq 60$  s are recommended.

Supplementary information can be obtained with ultrasonic directional receivers or other appropriate means.

#### 6.5 Corona and RIV test procedures

The test fitting shall be mounted in the test assembly. Voltage shall be applied and increased to 120 % of the specified minimum corona extinction. The voltage shall be held for a minimum of 5 min. The voltage shall then be reduced to 30 % of the specified minimum corona extinction and again increased to 120 %. Lastly, it shall be gradually decreased to 30 %.

During the last decreasing run radio-interference voltages and/or corona extinction shall be recorded. It is acceptable to do separate tests for corona extinction and RIV measurements.

NOTE - In cases where a corona glow effect occurs below the required corona extinction, it is permissible to clean the fitting surface with a clean dry cloth.

#### 6.6 Acceptance criteria

a) The corona extinction of the fitting obtained during the test shall exceed the specified minimum corona extinction. The selection of uncorrected or corrected values shall be by agreement between purchaser and supplier.

NOTE - Corrected values should be determined in accordance with IEC 60-1.

b) The RIV of the fitting recorded at the specified test voltage or conductor voltage gradient shall not exceed the specified maximum RIV.

c) The curve indicating the RIV against the test voltage shall not present any sudden change between the specified test voltage or conductor voltage gradient and 110 % of the specified test voltage or conductor voltage gradient.

### 6.7 Compte rendu d'essai

Le compte rendu d'essai doit fournir les détails ci-dessous:

- a) nom du fabricant et désignation du type;
- b) tension maximale pour le matériel,  $U_m$ ;
- c) détails des dispositions d'essai, y compris les dimensions;
- d) conditions atmosphériques dominant pendant l'essai, température, pression barométrique et humidité de l'air, facteurs de correction calculés;
- e) type de méthode utilisée pour déterminer les valeurs d'extinction de l'effet couronne;
- f) valeur d'extinction de l'effet couronne corrigée et non corrigée avec détails du point de décharge;
- g) valeur de la tension de perturbations radioélectriques.

Sous réserve d'un accord entre le fabricant et l'acheteur, les photographies prises au niveau de la tension d'extinction peuvent également être incorporées dans le compte rendu.

### 6.8 Méthode des tensions

#### 6.8.1 Conducteurs adjacents dans un système triphasé

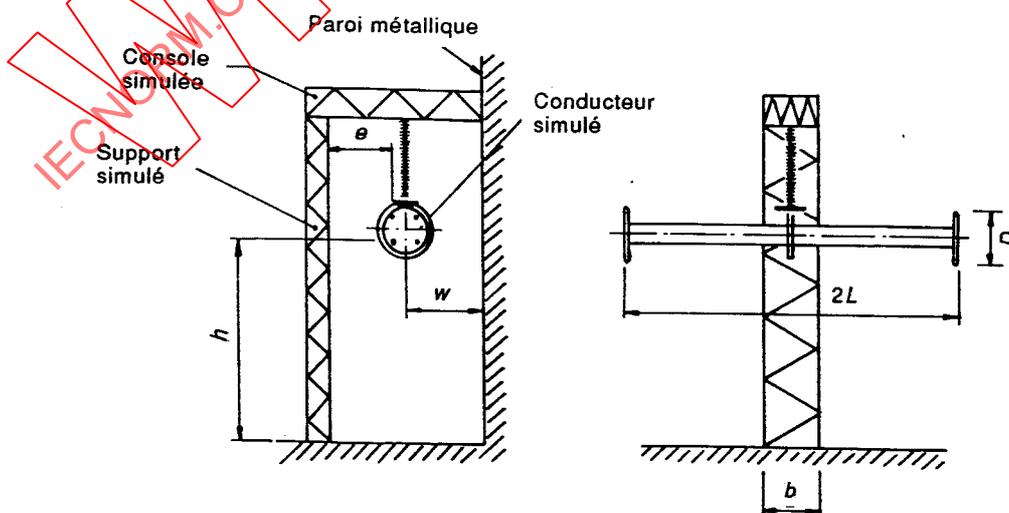
Selon le type de pylône ou d'ouvrage, il existe trois variantes possibles de systèmes triphasés:

- a) un conducteur sous tension non influencé par les conducteurs adjacents;
- b) deux conducteurs sous tension au même niveau,
- c) trois conducteurs sous tension au même niveau.

Les essais des assemblages d'ancrage et de suspension doivent être conduits sur la variante critique en service. Il s'agit normalement de la variante b) pour la suspension et les assemblages d'ancrage habituels, et de la variante c) pour l'assemblage d'ancrage dans les postes. On simule le conducteur adjacent respectif en installant l'assemblage à une distance prédéterminée d'une paroi métallique mise à la terre (réflexion de charge), parallèle au conducteur. Cela permettra un essai monophasé de chaque variante.

#### 6.8.2 Montage d'essai et dimensions

##### Assemblage de suspension



CEI 694195

Pour les dimensions, voir tableau 2.

Figure 3 - Montage d'essai de suspension, variante critique b)

### 6.7 Test report

The test report shall contain the following details:

- a) name of manufacturer and type designation;
- b) maximum voltage for equipment,  $U_m$ ;
- c) details of test arrangements, including dimensions;
- d) atmospheric conditions prevailing during the test, temperature, barometric pressure and air humidity, and the calculated correction factors;
- e) type of method used to determine the corona extinction values;
- f) corona extinction values corrected and uncorrected with details of discharge point;
- g) radio interference voltage value.

Subject to agreement between the manufacturer and purchaser, the photographs taken at the extinction voltage level may also be included in the report.

### 6.8 Voltage method

#### 6.8.1 Adjacent conductors in a three-phase system

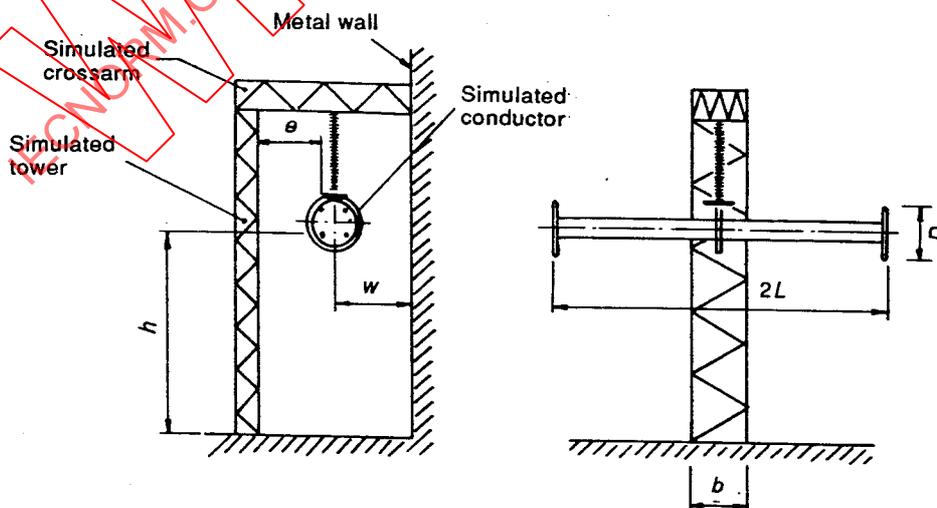
Depending on the type of tower or structure, three variants are possible in the three-phase system:

- a) one live conductor not influenced by adjacent conductors;
- b) two live conductors at the same level;
- c) three live conductors at the same level.

The tests on tension and suspension assemblies shall be carried out on the critical variant found in service. This is normally variant b) for the suspension and usual tension assemblies, and variant c) for the tension assembly at substations. The respective adjacent conductor is simulated by setting up the arrangement at a predetermined distance, from an earthed metallic wall (charge reflection) parallel to the live conductor. This will allow single-phase testing of each variant.

#### 6.8.2 Test set-up and dimensions

##### Suspension assembly

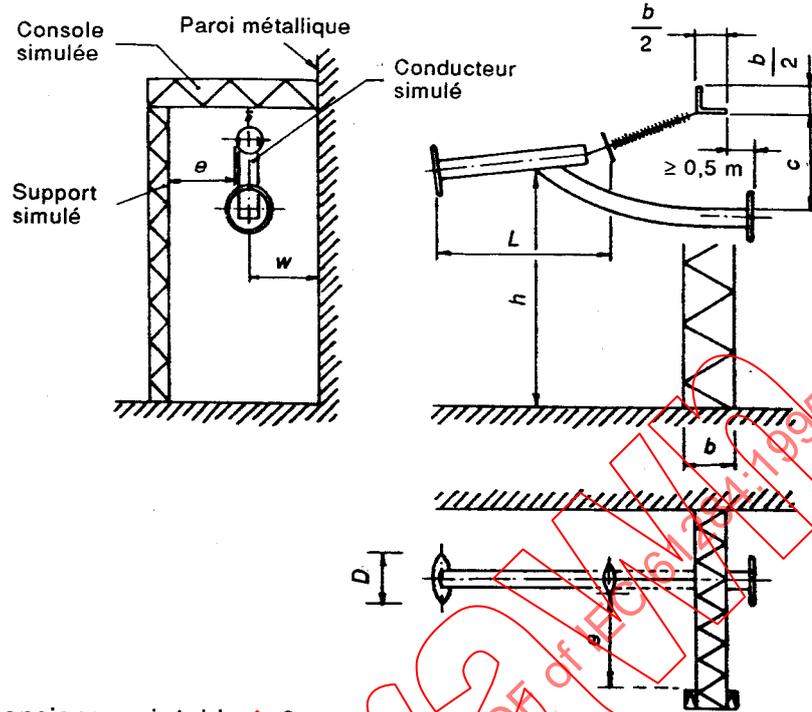


IEC 694195

For the dimensions see table 2.

Figure 3 – Suspension test arrangement, critical variant b)

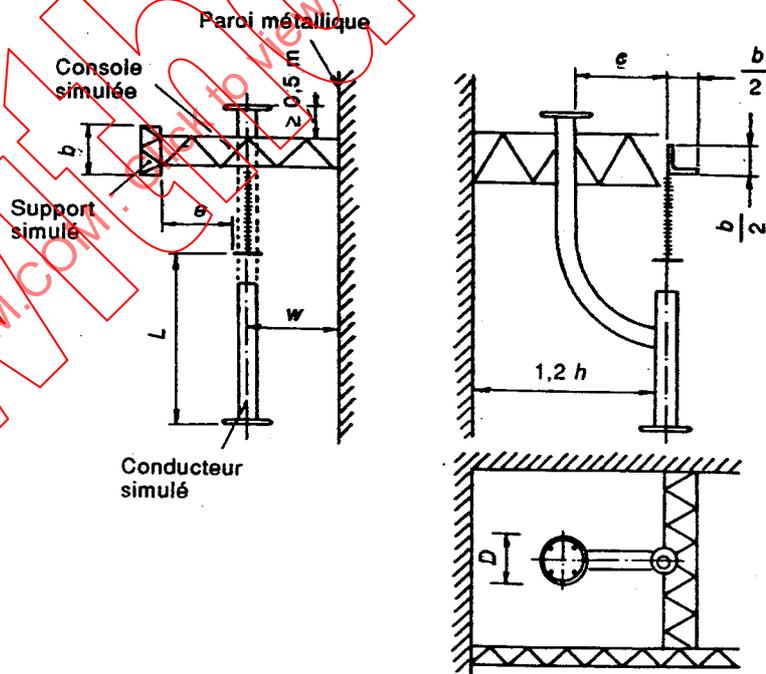
Assemblage d'ancrage



Pour les dimensions, voir tableau 2.

CEI 695/95

Figure 4 - Montage d'essai d'ancrage, variante critique b)

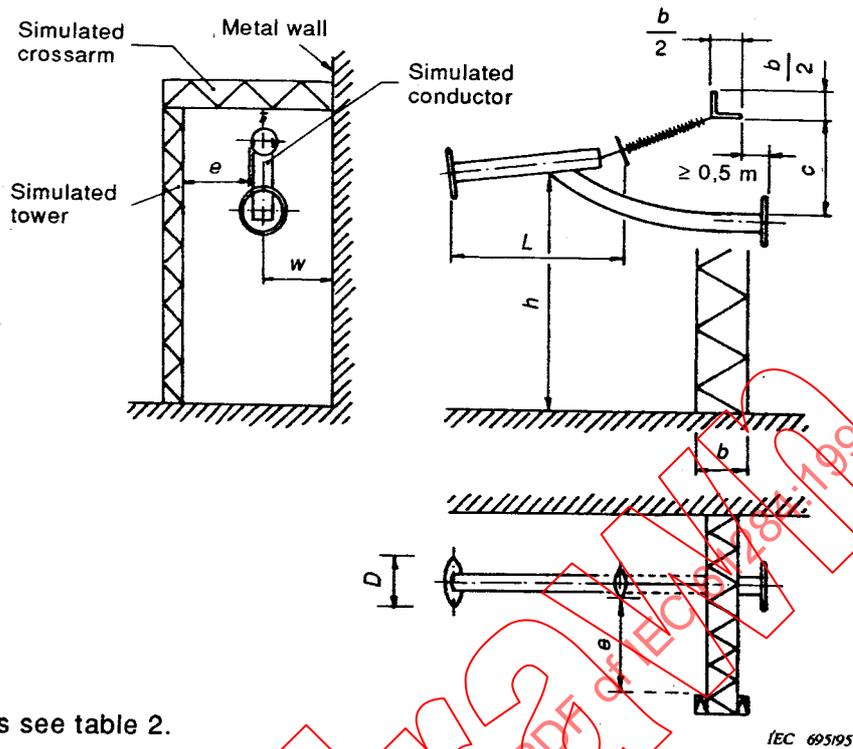


Pour les dimensions, voir tableau 2.

CEI 696/95

Figure 5 - Montage d'essai d'ancrage, variante critique b), suspendu verticalement au plafond

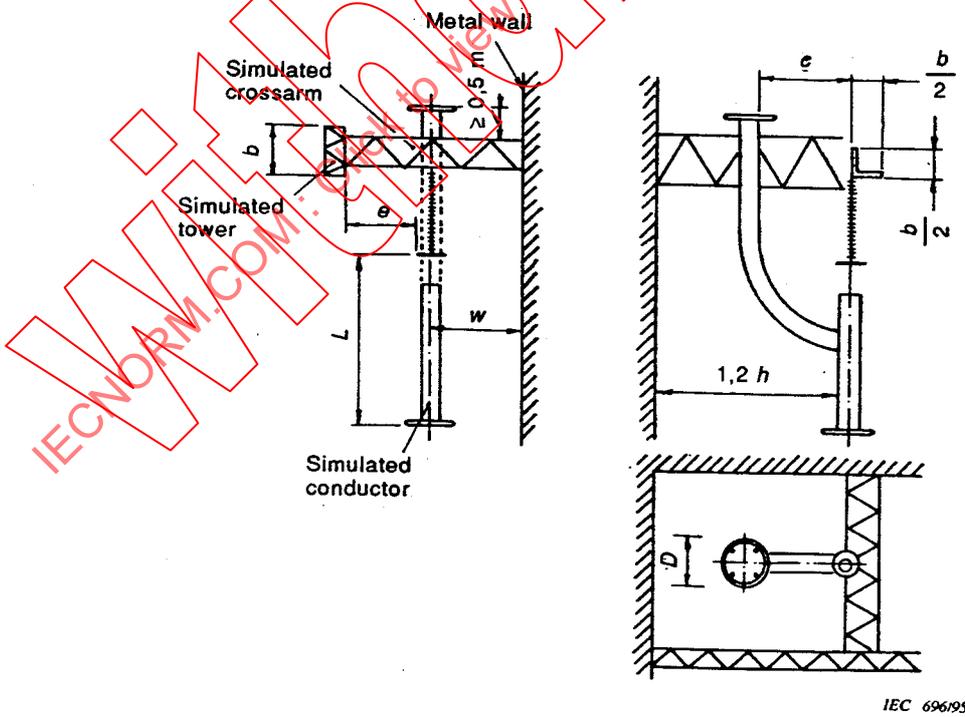
Tension assembly



For dimensions see table 2.

IEC 695/95

Figure 4 – Tension test arrangement, critical variant b)



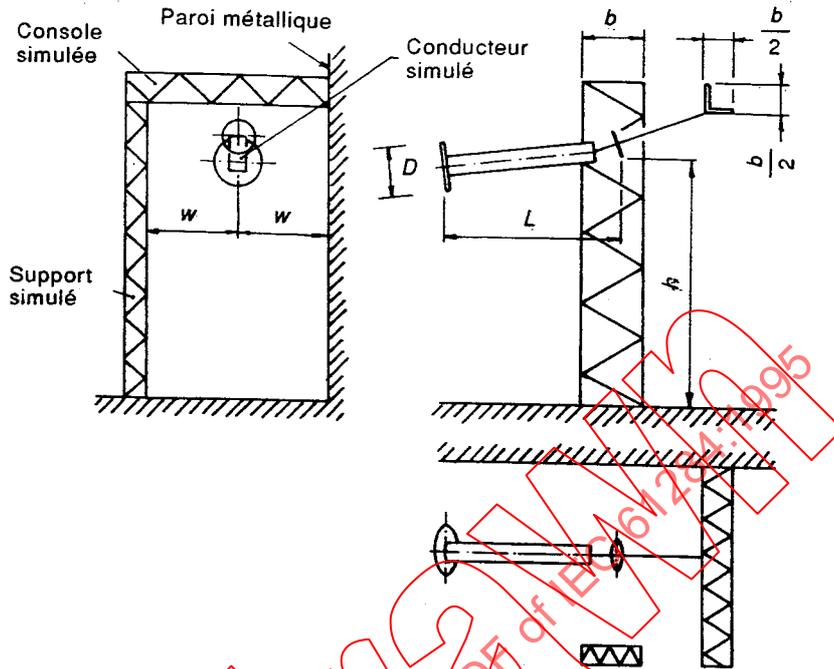
For dimensions see table 2.

IEC 696/95

Figure 5 – Tension test arrangement, critical variant b), hanging vertically from the ceiling

Assemblage d'ancrage au poste

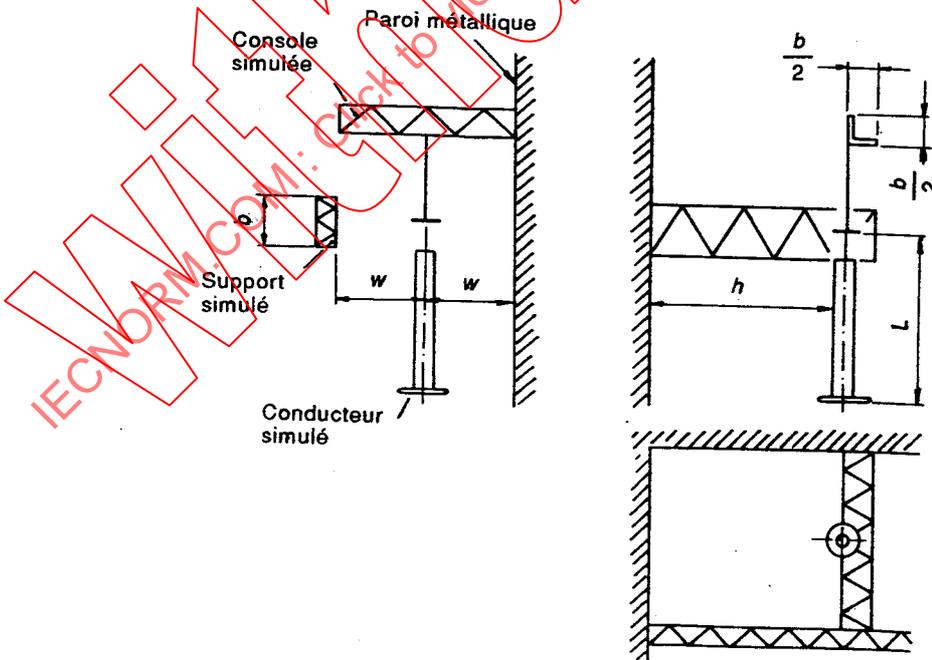
On tient compte du second conducteur adjacent par la réflexion de charge sur le support simulé.



CEI 697195

Pour les dimensions, voir tableau 2.

Figure 6 - Montage d'essai d'ancrage, variante critique c)



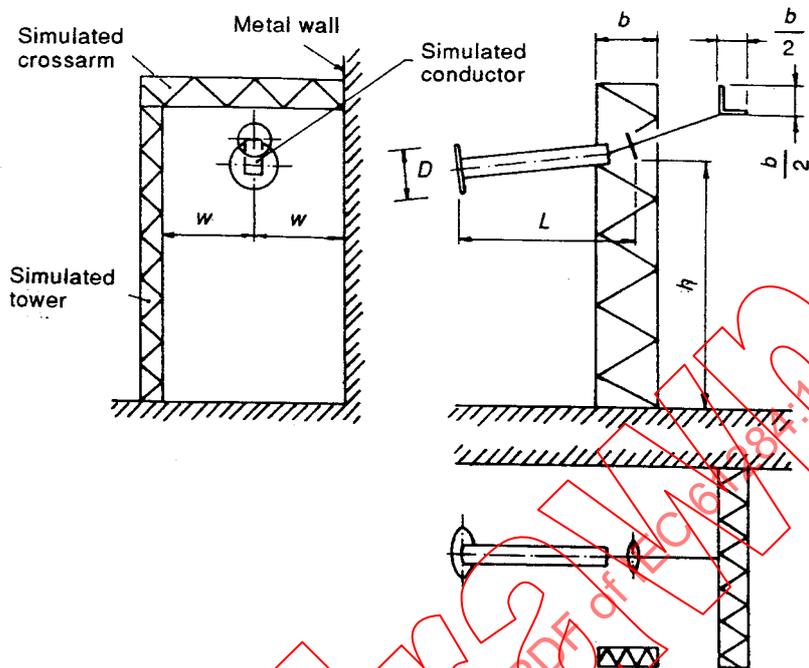
CEI 698195

Pour les dimensions, voir tableau 2.

Figure 7 - Montage d'essai d'ancrage, variante critique c), suspendu verticalement au plafond

*Tension assembly at substation*

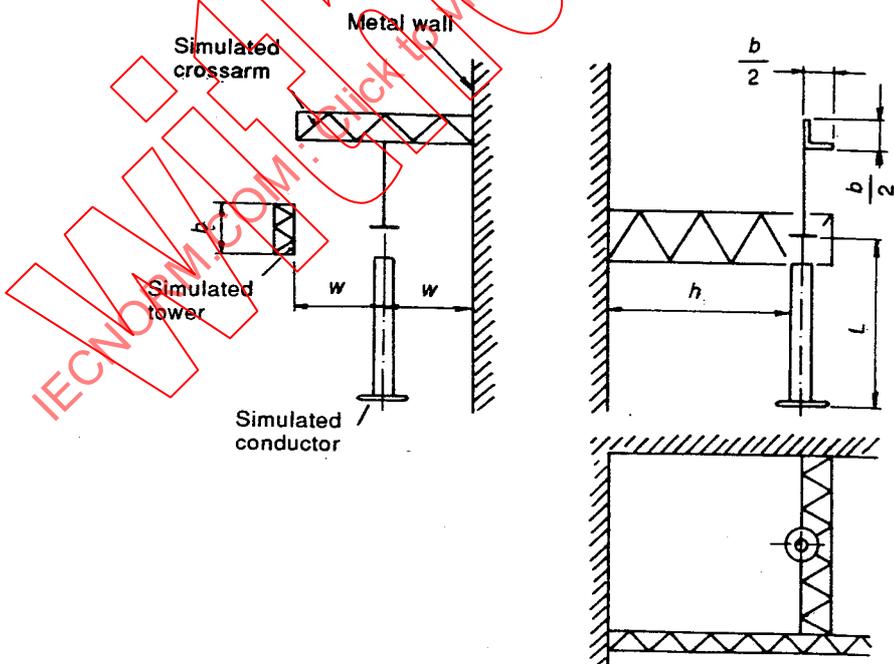
The second adjacent conductor is taken into account by charge-reflection on the simulated tower.



IEC 697/95

For dimensions see table 2.

**Figure 6 – Tension test arrangement, critical variant c)**

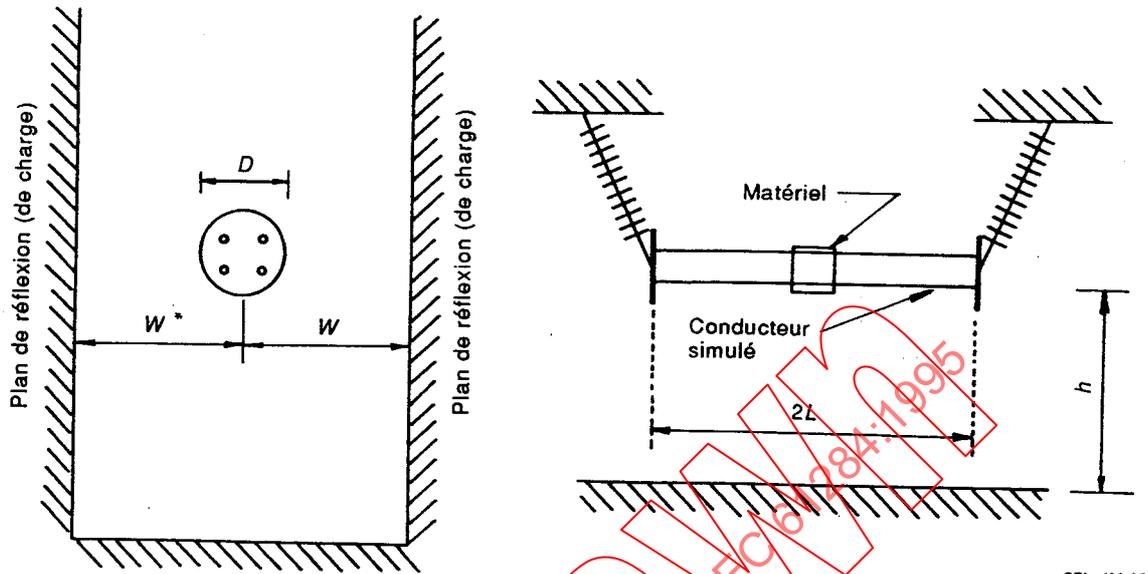


IEC 698/95

For dimensions see table 2.

**Figure 7 – Tension test arrangement, critical variant c), hanging vertically from the ceiling**

Matériel d'équipement de pleine portée



\* Nécessaire pour la variante c).

Pour les dimensions, voir tableau 2.

Figure 8 - Montage d'essai pour matériel d'équipement sur portée, variante critique b) ou c)

Electrode pare-effluves

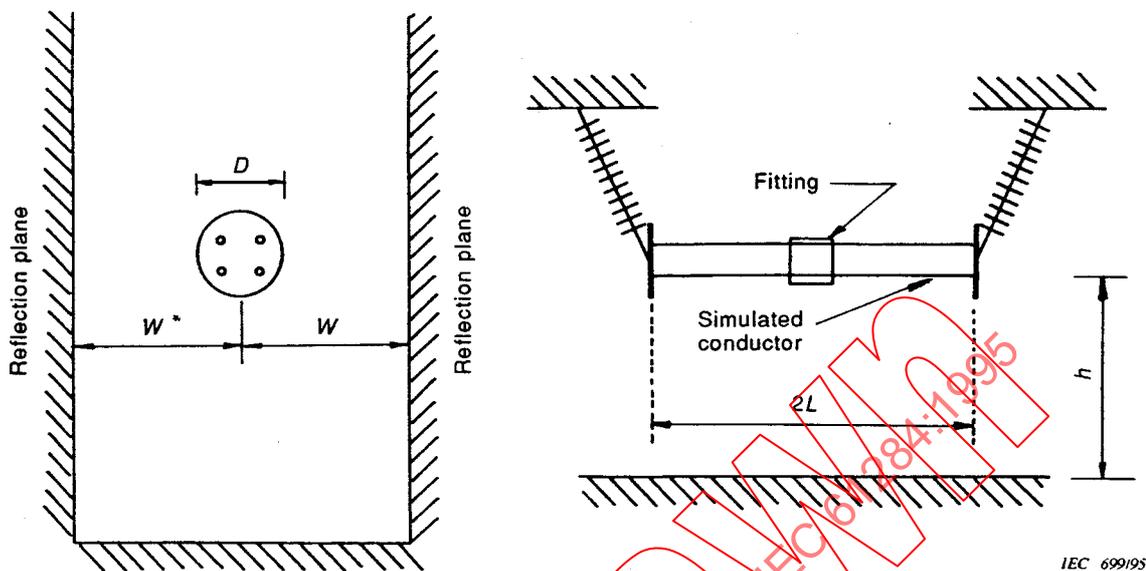
Le diamètre  $D$  (m) de l'électrode pare-effluves à l'extrémité du conducteur simulé doit être égal à:

- Pour un conducteur simple

$$D \geq 0,001 U_m \quad (U_m = \text{tension de service maximale de la ligne en kV})$$

$$D \leq 0,1 L \quad (L = \text{longueur des conducteurs simulés en mètres})$$

- Pour un conducteur en faisceau  $D > 1,2$  fois la diagonale du faisceau

*In-span fittings*

IEC 699/95

\* Required for variant c).

For dimensions see table 2.

**Figure 8 – Test arrangement for in-span fittings, critical variant b) or c)***Screening electrode*The diameter  $D$  (m) of the screening electrode at the end of simulated conductor shall be:

- for a single conductor  $D \geq 0,001 U_m$  ( $U_m$  = maximum operating voltage of the line in kV)
- for a bundled conductor  $D \leq 0,1 L$  ( $L$  = length of the simulated conductors in metres)
- for a bundled conductor  $D > 1,2$  times the bundle diagonal

**Tableau 2 – Tensions d'essai et dimensions**

$U_m$ <sup>1)</sup> kV	Dimensions (m) <sup>2) 3)</sup>						c
	e		h ± 10 %	b ± 15 %	L		
	Ligne aérienne	Poste			Conducteur simple	Conducteur en faisceau	
123	2	0,95	4	1	≥3	—	1,5
245	3,5	1,85	4,5	1,5	≥4,5	≥10 D	2,5
420	5	2,9	5	2	≥5	≥10 D	3,5
525	6	3,5	6	2	—	≥10 D	4
765	7	5,1	6,5	2,5	—	≥10 D	5,5

1) On peut interpoler les valeurs de manière linéaire pour d'autres tensions.  
 2) Les chaînes d'isolateurs en V doivent être testées à l'aide des distances à la masse réelles du pylône conforme à la construction.  
 3) Les dimensions données dans le tableau 2 conviennent pour des ouvrages conventionnels types. Dans le cas où les dimensions indiquées ne conviennent pas, l'acheteur et le fournisseur peuvent faire le choix d'autres dimensions.

*Liste des symboles utilisés:*  
 e est la distance horizontale entre le pylône simulé et l'accessoire de protection;  
 h est une hauteur ou une distance;  
 b est la largeur du support simulé;  
 L est la longueur du conducteur simulé;  
 c est la distance horizontale entre la console simulée et l'alimentation électrique du conducteur;  
 D est le diamètre de l'électrode pare-effluves à l'extrémité du conducteur simulé;  
 W est la distance du conducteur simulé à la paroi utilisée comme plan de réflexion.

**6.8.3 Variante critique**

Les montages d'essai spécifiés en 6.8.2 conviennent pour la plupart des dispositions rencontrées en exploitation, par exemple, pylône d'ancrage avec configuration en double triangle (ou Danube), variante b). Les dispositions comme les configurations de pylônes drapeau et nappe (simple circuit) sont soumises à essai selon la variante a), auquel cas seuls les composants adjacents mis à la terre sont simulés. Le matériel d'équipement en pleine portée (comme les entretoises) est essayé suivant la figure 8.

**6.8.4 Distance de la paroi (plan de réflexion), w**

On obtient la distance w, à partir de la paroi utilisée comme plan de réflexion à partir de:

$$w = 0,7 \times d$$

où

d est l'entraxe des deux conducteurs adjacents (de phases différentes).

NOTE - Le plan de réflexion n'est pas nécessaire si l'entraxe est supérieur à 6 m dans le cas de conducteurs simples et supérieur à 7,5 m (supérieur à 9 m à  $U_m = 765$  kV) dans le cas de conducteurs en faisceau.

**Exception**

Si, avec une disposition de suspension selon la variante c), l'intervalle en service entre le conducteur et le pylône est inférieur à la distance de paroi, w, obtenue à partir de l'entraxe, d, des conducteurs, cette disposition en suspension doit être essayée de la même manière que dans la variante b) décrite en 6.8.1.

Table 2 – Test voltages and dimensions

$U_m^{1)}$ kV	Dimensions (m) <sup>2) 3)</sup>						c
	e		h ±10 %	b ±15 %	L		
	Overhead-line	Substation			Single conductor	Bundle conductor	
123	2	0,95	4	1	≥3	—	1,5
245	3,5	1,85	4,5	1,5	≥4,5	≥10 D	2,5
420	5	2,9	5	2	≥5	≥10 D	3,5
525	6	3,5	6	2	—	≥10 D	4
765	7	5,1	6,5	2,5	—	≥10 D	5,5

- 1) Figures can be linearly interpolated for other voltages.
- 2) V-insulator sets shall be tested using the actual as-built tower clearance dimensions.
- 3) The dimensions in table 2 are suitable for typical conventional structures. In the case where dimensions shown are inappropriate, alternative dimensions may be agreed between purchaser and supplier.

*List of symbols:*

*e* is the horizontal distance between simulated tower and insulator protective fitting;  
*h* is a height or a distance;  
*b* is the width of the simulated tower;  
*L* is the length of the simulated conductor;  
*c* is the horizontal distance between simulated crossarm and conductor supply;  
*D* is the diameter of the screening electrode at the end of the simulated conductor;  
*W* is the distance of the simulated conductor from the wall used as reflection plane.

### 6.8.3 Critical variant

The test arrangements specified in 6.8.2 adequately account for almost all arrangements occurring in practical operation, for example, a tension tower with Double-Delta-configuration, variant b). Arrangements such as vertical- and Y-tower configurations are tested to variant a), in which case only adjacent earthed components are simulated. Fittings in the span (e.g. spacers) are tested according to figure 8.

### 6.8.4 Distance from wall (reflection plane), *w*

The distance, *w*, from the wall used as the reflection plane is obtained from

$$w = 0,7 \times d$$

where

*d* is the centreline spacing between two adjacent conductors.

NOTE – The reflection plane is not required if the centreline spacing is more than 6 m in the case of single conductors, and more than 7,5 m (more than 9 m at  $U_m = 765$  kV) in the case of bundled conductors.

### Exception

If with a variant c) suspension arrangement the in-service conductor-to-tower clearance is less than the wall distance, *w*, obtained from the conductor centreline spacing, *d*, this suspension arrangement shall be tested in the same way as for variant b) described in 6.8.1.

### 6.8.5 *Intervalle minimal pour composants adjacents sous tension*

Dans la mesure du possible, il convient que l'alimentation électrique se fasse dans l'axe du conducteur simulé. Sinon, l'intervalle minimal entre l'alimentation et le matériel en essai ne doit pas être inférieur à 1,3 fois la hauteur  $h$ .

L'intervalle minimal entre le matériel en essai et d'autres électrodes sous tension ne faisant pas partie intégrante du montage d'essai selon les spécifications de 6.8.2 est égal à  $5 \times f$ ,  $f$ , étant la dimension caractéristique maximale des électrodes.

### 6.8.6 *Paroi métallique*

Un grillage métallique mis à la terre peut également être considéré comme une paroi métallique présentant une surface au moins égale à la hauteur  $h$ , plus la longueur des chaînes d'isolateurs multipliée par la longueur  $L$ , du conducteur simulé. Le maillage du grillage métallique ne doit pas être supérieure à 0,5 m.

## 6.9 *Méthode des gradients de tension*

### 6.9.1 *Tension du conducteur dans un système triphasé*

Le gradient de tension minimal d'extinction de l'effet couronne est établi en tenant compte de la tension de service maximale de la ligne de transport sur laquelle on doit installer le matériel d'équipement ainsi que de la géométrie de la ligne. Après avoir établi le gradient de tension minimal d'extinction de l'effet couronne, on peut procéder aux essais d'effet couronne sous une alimentation de tension monophasée. Pour produire les gradients de tension requis en laboratoire d'essais, on utilise comme référence le gradient sur le conducteur suffisamment éloigné de l'assemblage du matériel d'équipement et des dispositifs pare-effluves.

### 6.9.2 *Montage d'essai et dimensions*

Les intervalles par rapport aux objets mis à la terre et sous tension doivent être prévus de telle sorte que l'on réalise des gradients de conducteurs relativement uniformes au voisinage du matériel d'équipement soumis à essai. Les figures 9 et 10 représentent des dispositions d'essai types. Etant donné que la méthode des gradients de tension utilise des tensions d'essai déterminées à partir de gradients mesurés sur les conducteurs, il n'est pas nécessaire de spécifier les distances au plan de terre. Toutefois, les dispositions du plan de terre doivent être proches des conditions de service; cela est indispensable pour les essais sur les assemblages de suspension lorsqu'on n'a pas établi le gradient de tension minimal pour l'extinction de l'effet couronne en tenant compte de l'effet de proximité de la fenêtre du pylône.

Les objets mis à la terre et les objets sous tension doivent être disposés de manière que la tension d'essai nécessaire pour atteindre l'extinction minimale spécifiée de l'effet couronne soit égale à + 30 % de la tension de service maximale entre phase et terre.

### 6.9.3 *Méthode d'essai*

Pour déterminer la tension d'essai nécessaire à l'extinction de l'effet couronne, on doit considérer le gradient maximal sur le conducteur comme une fonction de la tension appliquée. Etant donné que le gradient de tension est directement proportionnel à la tension appliquée, un seul point d'étalonnage est nécessaire. Ce point peut être obtenu en utilisant un étalonneur selon la description de l'annexe H ou déterminé en utilisant tout autre dispositif adéquat.

### 6.8.5 *Minimum clearance from adjacent live components*

Where possible, voltage infeed should be in the direction of the simulated conductor. Where this is not possible, the minimum clearance between the infeed and the test specimen shall not be less than 1,3 times the height,  $h$ .

The minimum clearance between the test specimen and other live electrodes not forming part of the test arrangement as specified in 6.8.2 is  $5 \times f$ , where  $f$  is the maximum characteristic dimension of the electrodes.

### 6.8.6 *Metallic wall*

An earthed metal grid may also be understood as being a metallic wall with an area consisting at least of height,  $h$ , plus the length of the insulator sets multiplied by length,  $L$ , of the simulated conductor. The mesh size of the metal grid shall be not more than 0,5 m.

## 6.9 *Voltage gradient method*

### 6.9.1 *Conductor voltage on three-phase system*

The minimum corona extinction voltage gradient is established by taking into consideration the maximum operating voltage of the transmission line on which the fitting is to be installed and the geometry of the line. Once the minimum corona extinction voltage gradient has been established, corona tests can be performed with a single-phase voltage supply. To produce the required voltage gradients at the test location, the conductor gradient sufficiently far away from the fitting assembly and the shielding devices is used as the reference.

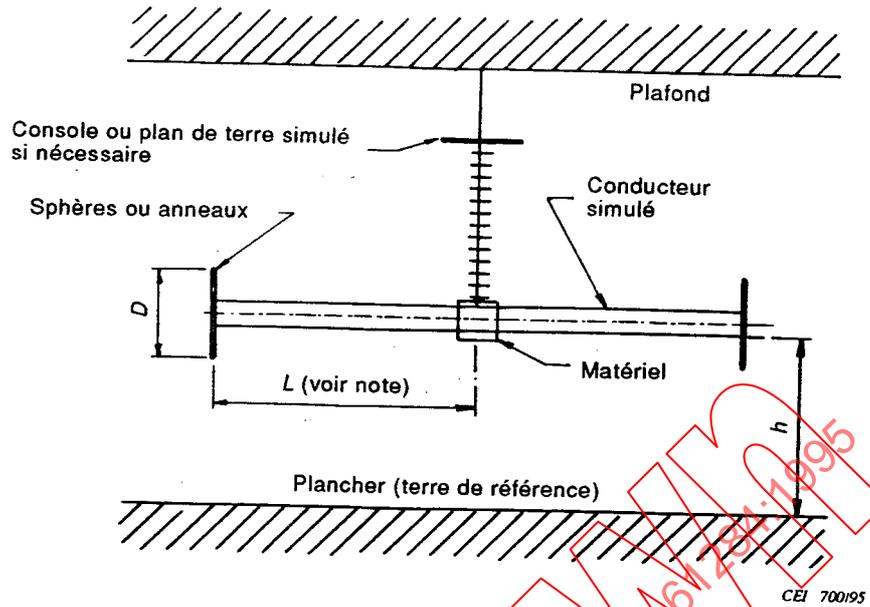
### 6.9.2 *Test set-up and dimensions*

Clearances to earthed and energized objects shall be provided such that relatively uniform conductor gradients are achieved in the vicinity of the test fitting. Typical test arrangements are shown in figures 9 and 10. Because the voltage gradient method uses test voltages determined from actual measured conductor gradients, it is not necessary to specify earth plane distances. However, the earth plane arrangement shall approximate service conditions; this is strictly necessary for tests on suspension assemblies when the minimum corona extinction voltage gradient is not established considering proximity effects of the tower window.

Earthed and energized objects shall be positioned such that the test voltage required to reach the specified minimum corona extinction is within  $\pm 30\%$  of the maximum operating phase-to-earth voltage.

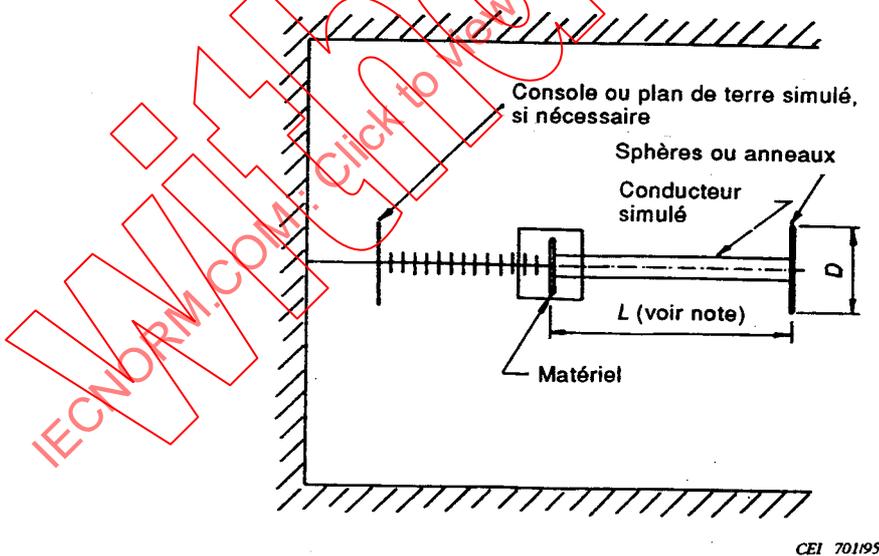
### 6.9.3 *Test method*

To determine the test voltage required for corona extinction, the maximum conductor gradient shall be determined as a function of applied voltage. As the voltage gradient is directly proportional to the applied voltage, only one calibration point is required. This point can be obtained using a calibrator as described in annex H or measured using other suitable devices.



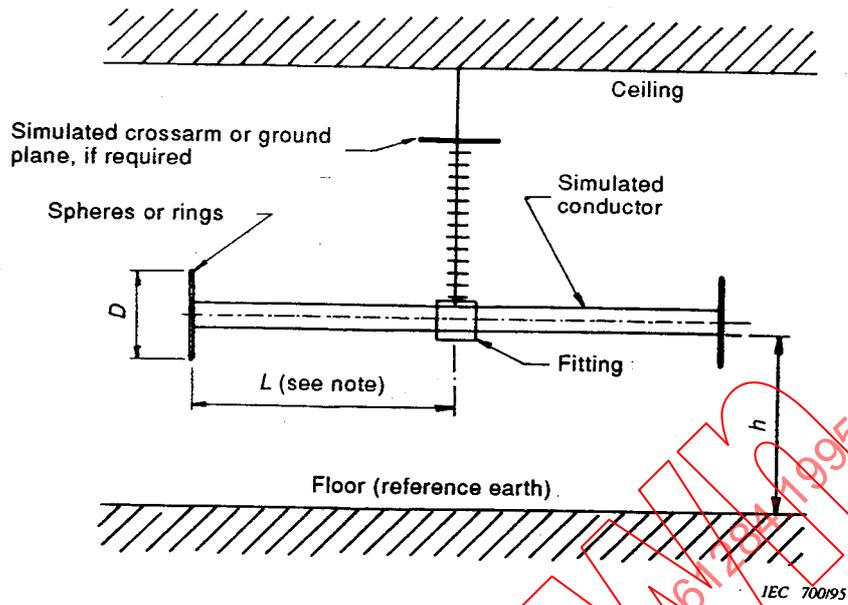
NOTE - Conducteurs en faisceau:  
 $D > 1,2$  fois la diagonale du faisceau  
 $L > 10 D$

Figure 9 - Disposition d'essai type - assemblage de suspension



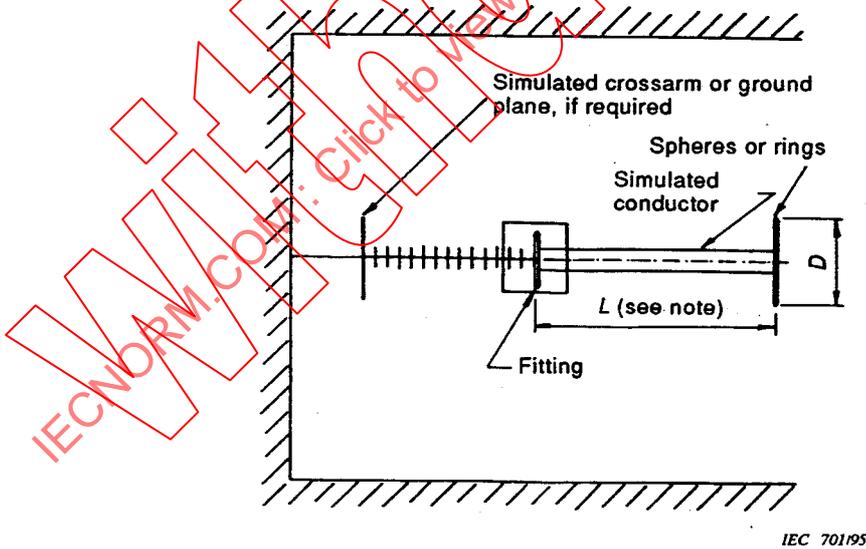
NOTE - Conducteurs en faisceau:  
 $D > 1,2$  fois la diagonale du faisceau  
 $L > 10 D$

Figure 10 - Disposition d'essai type - assemblage d'ancrage



NOTE - Bundle conductors:  
 $D > 1,2$  times the bundle  
 $L > 10 D$

Figure 9 - Typical test arrangement - suspension assembly



NOTE - Bundle conductors:  
 $D > 1,2$  times the bundle  
 $L > 10 D$

Figure 10 - Typical test arrangement - tension assembly

**Annexe A**  
(normative)

**Types de Manchons**

Manchons travaillant en traction catégorie A

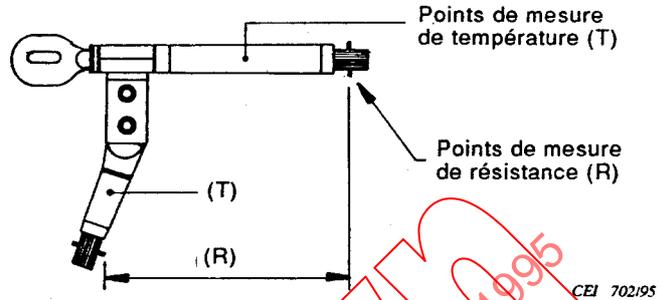


Figure A.1 - Manchon d'ancrage

Cet exemple s'applique également aux manchons de réparation

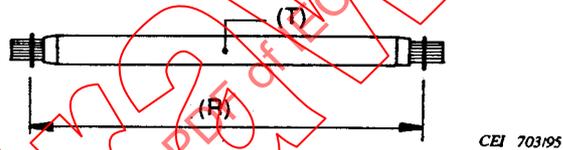


Figure A.2 - Manchon de jonction

Manchons ne travaillant pas en traction catégorie B

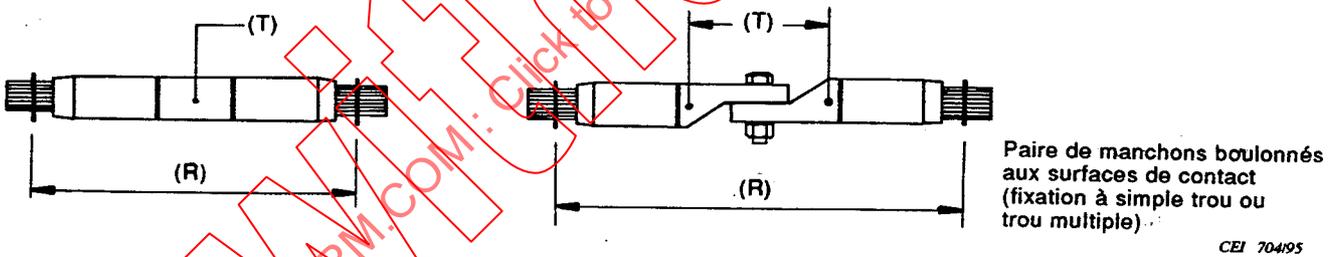


Figure A.3 - Raccord de bretelle

Figure A.4 - Cosse

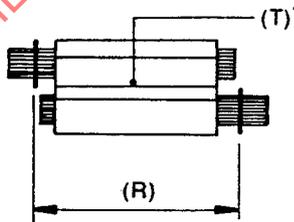


Figure A.5a - Type parallèle

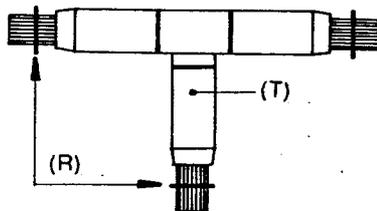


Figure A.5b - Type T ou L

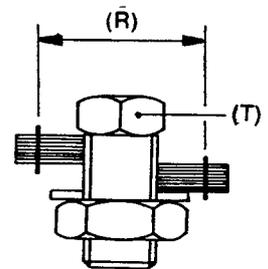


Figure A.5c - Type boulonné

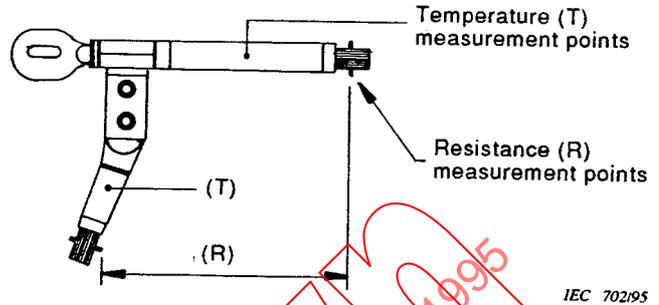
Figure A.5 - Prise ou raccord de service

NOTE - Les points de mesure de température doivent être aux points où se produit la température la plus élevée. Les emplacements indiqués sur les croquis sont approximatifs.

**Annex A**  
(normative)

**Typical joint types**

Class A tension



IEC 702/95

**Figure A.1 - Dead end tension joint assembly**

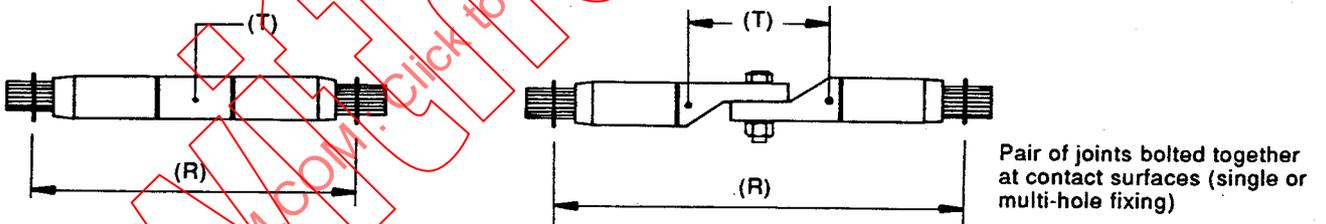
This example also applies to pair sleeves and patch sleeves



IEC 703/95

**Figure A.2 - Mid-span tension joint**

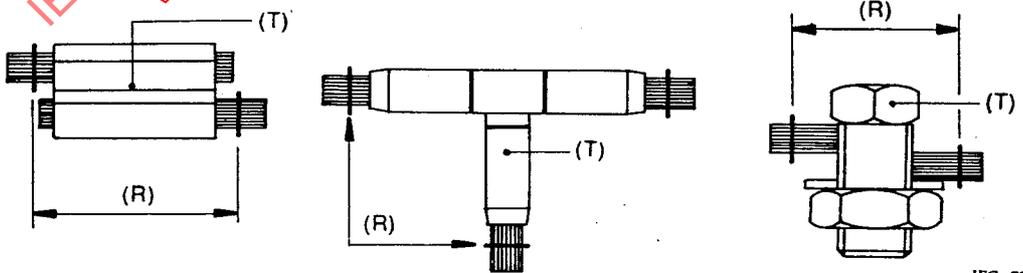
Class B non-tension



IEC 704/95

**Figure A.3 - Splice (jumper)**

**Figure A.4 - Terminal lug**



IEC 705/95

**Figure A.5a - Parallel type**

**Figure A.5b - T or L type**

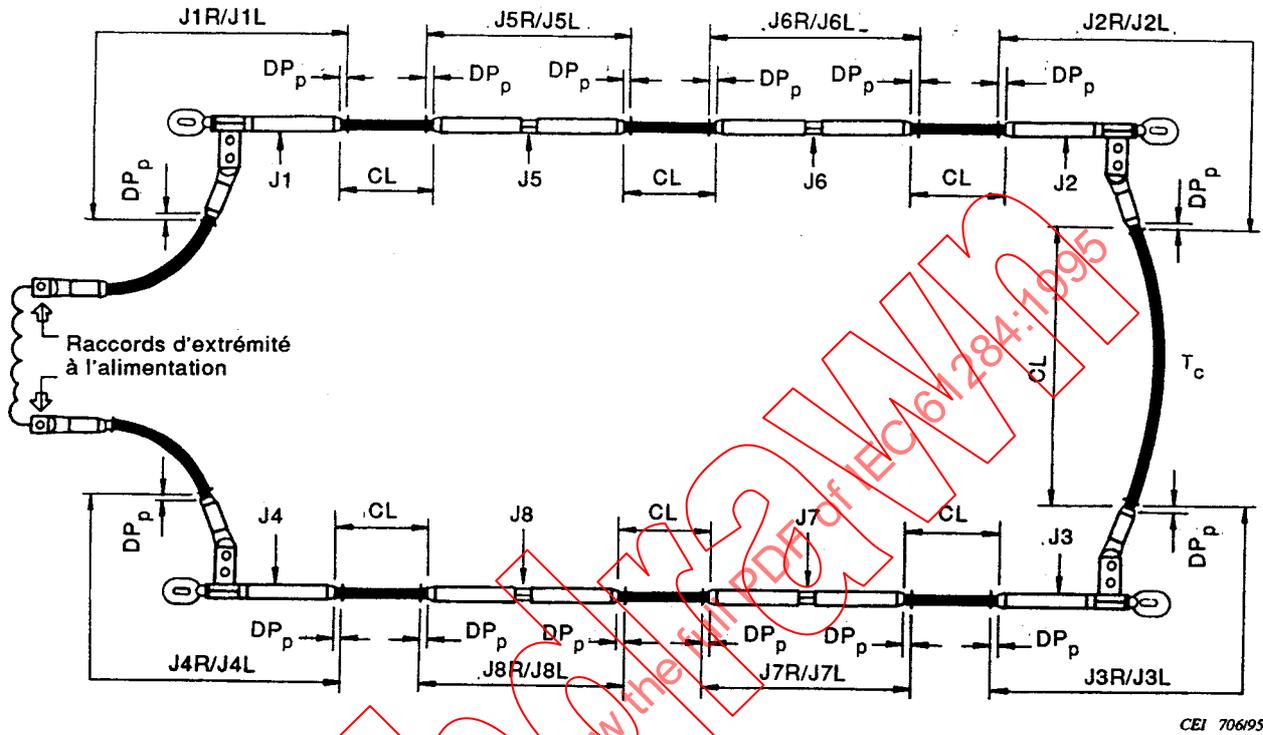
**Figure A.5c - Bolted type**

**Figure A.5 - Tap or service joint**

NOTE - The temperature measurement point shall be at the hottest point of each joint. The diagrams are for guidance only in this respect.

**Annexe B**  
(normative)

**Circuit d'essai type – Manchons catégorie A**



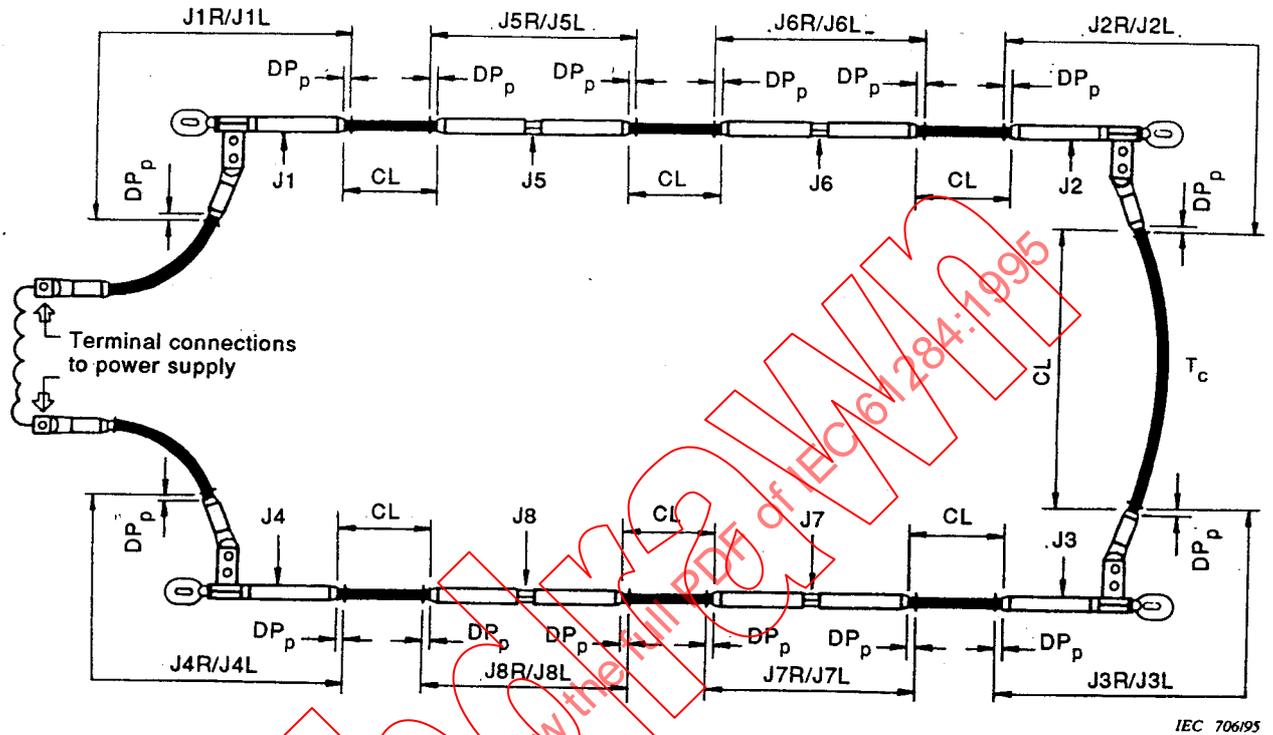
CEI 70695

**NOTES**

- 1 On peut raccorder des manchons de types différents en série dans le circuit d'essai.
- 2 Dans ce circuit, exemple:
  - J1 - J4 = manchons d'ancrage
  - J5 - J8 = manchon de jonction
  - DP<sub>p</sub> = 25 mm (points de potentiel), voir annexe G
  - T<sub>c</sub> = point de mesure de température du conducteur de référence (°C)
  - CL = longueur du conducteur de référence; 100 x diamètre du conducteur entre manchons (mm) (maximum 4 m)
  - JL = longueur de manchon (mm)
  - JR = résistance du manchon (μΩ)
  - CR = résistance du conducteur (μΩ)
  - CR' =  $\frac{CR}{(CL - 50 \text{ mm})}$  = résistance du conducteur / mm
  - JR' =  $\frac{JR - CR' \times 50 \text{ mm}}{(JL - 50 \text{ mm})}$  = résistance du manchon / mm
  - Ceq = CR' x JL = résistance de la longueur équivalente du conducteur de référence (voir 5.5.2.1)
- 3 Pour satisfaire aux critères de réception d'essai, voir 5.5.2.2.

## Annex B (normative)

### Typical test circuit – Class A joints



#### NOTES

1 It is permitted to connect, into the test circuit, joints of different type in series.

2 In this circuit example:

J1 – J4 = dead end tension joint assembly

J5 – J8 = mid-span tension joint

DP<sub>p</sub> = 25 mm (potential points), see annex G

T<sub>c</sub> = reference conductor temperature measurement point (°C)

CL = reference conductor length; 100 x conductor diameter between joints (mm)  
(maximum 4 m)

JL = joint length (mm)

JR = joint resistance (μΩ)

CR = conductor resistance (μΩ)

CR' =  $\frac{CR}{(CL - 50 \text{ mm})}$  = conductor resistance / mm

JR' =  $\frac{JR - CR' \times 50 \text{ mm}}{(JL - 50 \text{ mm})}$  = joint resistance / mm

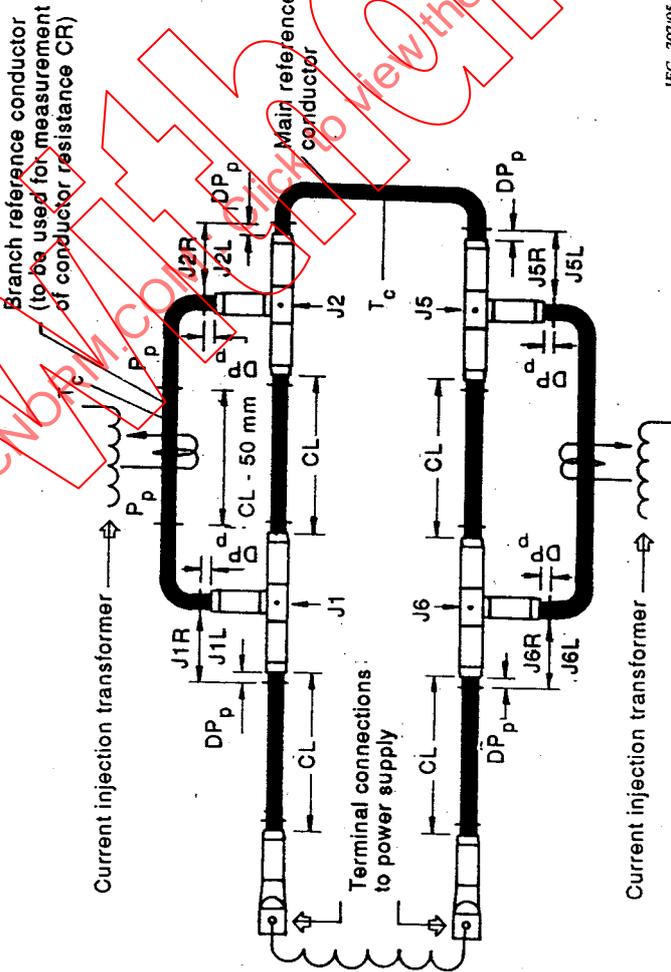
Ceq = CR' x JL = resistance of the equivalent length of the reference conductor (see 5.5.2.1)

3 To meet test acceptance criterion, see 5.5.2.2.



**Annexe C**  
(normative)

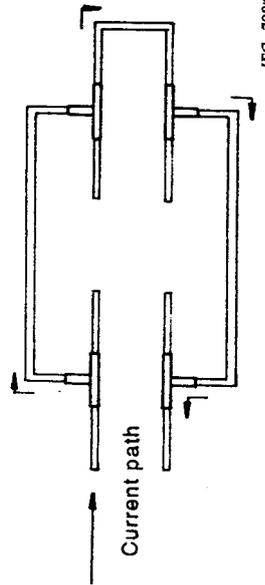
**Typical test circuit – Class B joints**



IEC 707/95

The reason for the current injection transformers is to ensure that the main reference conductor and the branch reference conductor can be run at the appropriate temperature as required by 5.5.2.1.

When the main and branch conductor are the same size, current transformers will not be needed and the test loop circuit is modified as follows:

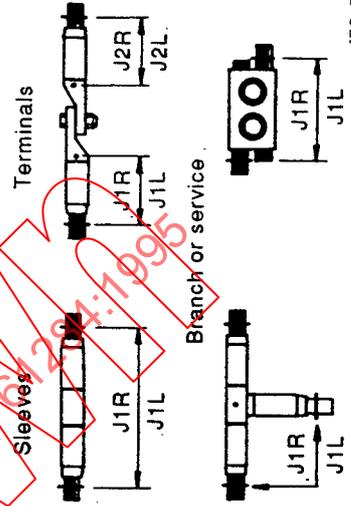


IEC 708/95

**NOTES**

- 1 It is permitted to connect, into the test circuit, joints of different type in series.
- 2 In this circuit example:
  - J1 - J4 = branch T joints
  - P<sub>p</sub> = potential points
  - DP<sub>p</sub> = 25 mm (potential points), see annex G
  - T<sub>c</sub> = reference conductor temperature measurement point(s) (°C)
  - CL = reference conductor length = 100 x main conductor diameter between joints (mm) (maximum 4 m)
  - JL = joint length (mm)
  - JR = joint resistance (μΩ)
  - CR = conductor resistance (μΩ)
  - CR' =  $\frac{CR}{(CL - 50 \text{ mm})}$  = conductor resistance / mm
  - JR' =  $\frac{JR - CR' \times 50 \text{ mm}}{(JL - 50 \text{ mm})}$  = joint resistance / mm
  - C<sub>eq</sub> = CR' x JL = resistance of the equivalent length of the reference conductor (see 5.5.2.1)
- 3 To meet test acceptance criterion, see 5.5.3.2.

Potential points for non-tension joint types



IEC 709/95





## Annexe E (normative)

### Critère mathématique de réception

#### E.1 Généralités

Dans cette annexe, le mot réception concerne uniquement les exigences données en 5.5.2.2 et 5.5.3.2.

La méthode mathématique de réception indiquée dans cette annexe est destinée à fournir un moyen non subjectif d'évaluer les résultats d'essai de cycle de charge sur des cycles réalisés à des intervalles de 0,5 N-N y compris lorsque l'évaluation n'est pas évidente à partir de l'examen des courbes. Elle n'est toutefois pas destinée à remplacer le jugement lors de l'interprétation des résultats au profit de cette évaluation mathématique. Bien que l'on ait tenu compte de chacun des résultats des 11 essais dans l'évaluation statistique d'un seul échantillon, un seul relevé qui s'écarte de manière appréciable de la droite de régression peut avoir un effet de dispersion sur les résultats, conduisant à une indication de rejet. Là où, par exemple, pour des manchons de catégorie B, trois échantillons sur quatre ont subi le test de manière satisfaisante et où le quatrième échantillon a subi un essai satisfaisant sauf pour un seul relevé, il est possible que le relevé erroné soit dû à une erreur d'essai. Le rejet d'un modèle sur la base d'un relevé de résistance erroné sur 44 serait contraire au bon sens. La poursuite de l'essai, ou même la réception en dépit du seul relevé erroné pourrait être acceptée par les parties au vu des autres indications.

On détermine le critère de réception par les trois étapes successives suivantes.

- a) Calcul des variations (vers le haut ou vers le bas) de résistance entre 0,5 N et N cycles de charge, en utilisant comme base la droite de régression (obtenue selon la méthode des moindres carrés) pour les données. Cette variation de résistance est exprimée comme une fraction de la moyenne des mesures de résistance entre 0,5 N et N cycles de charge inclus et est désignée par la lettre M.

NOTE - M représente une variation (vers le haut ou vers le bas) et est par conséquent toujours positive.

- b) Calcul d'une quantité dont la grandeur dépend de la dispersion de valeurs de résistance par rapport à la droite de régression. Cela est exprimé comme une fraction de la résistance moyenne entre 0,5 N et N cycles de charge et est désigné par la lettre S.

- c) Calcul d'une quantité  $D = M + S$

D représente en fait la variation de résistance entre 0,5 N et N cycles de charge, calculé comme une fraction de la résistance moyenne dans cet intervalle avec une confiance de 95 % en supposant que la répartition des valeurs de résistance par rapport à la droite de régression suit une loi normale. Le critère de réception est que D ne dépasse pas 0,15.

On trouvera ci-dessous des instructions pas à pas destinées à être directement appliquées sur un site d'essai. La procédure ci-dessous est répétée pour chaque échantillonnage.

## Annex E (normative)

### Mathematical acceptance criterion

#### E.1 General

Throughout this annex, the word acceptance relates only to the requirements of 5.5.2.2. and 5.5.3.2.

The mathematical acceptance method set out in this annex is meant to provide a non-subjective means of assessing load cycling test results over the interval 0,5 N-N cycles including when the assessment is not obvious from the inspection of the graphs. It is not intended, however, that the use of judgement in interpreting results should be entirely disregarded in favour of this mathematical assessment. Although each of the 11 test results is taken into account in the statistical assessment of a single sample, one reading that deviates appreciably from the line of best fit can have an overriding effect on the result, leading to a rejection indication. Where, for example for class B joints, three samples out of four have definitely passed the test, and the fourth would pass but for a single reading, it is not unlikely that the rogue reading is due to testing error; it would be contrary to common sense to reject a design on the basis of one bad resistance reading in 44. Continuation of the test, or even acceptance, despite the one bad reading, might be agreed between the parties to the test according to other evidence.

The acceptance criterion is determined in the following three successive stages.

- a) The calculation of the change (rise or fall) of resistance between 0,5 N and N load cycles, using as a basis the line of best fit (obtained by the method of least squares) for the data. This change of resistance is expressed as a fraction of the mean of the resistance readings from 0,5 N to N load cycles inclusive, and is designated M.

NOTE - M is a change (rise or fall) and is therefore always positive.

- b) The calculation of a quantity the magnitude of which depends upon the "scatter" of the resistance values about the line of best fit. This is expressed as a fraction of the mean resistance between 0,5 N and N load cycles and is designated S.

- c) The calculation of a quantity  $D = M + S$

D is in fact the change of resistance between 0,5 N and N load cycles, calculated as a fraction of the mean resistance in this interval, with 95 % confidence on the assumption that the distribution of the resistance values about the line of best fit is normal. The acceptance criterion is that D should not exceed 0,15.

The following is a step-by-step instruction written for direct application at a test site. The following procedure is repeated for each test sample.

**E.2 Désignation des mesures de résistance**

Les mesures de résistance sont désignées comme suit:

Cycles	0,5 N	0,55 N	0,6 N	0,65 N	0,7 N	0,75 N	0,8 N	0,85 N	0,9 N	0,95 N	1 N
Mesure de résistance	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>6</sub>	R <sub>7</sub>	R <sub>8</sub>	R <sub>9</sub>	R <sub>10</sub>	R <sub>11</sub>

**E.3 Calcul de la résistance moyenne**

$$\text{Résistance moyenne} = R = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_{11}}{11}$$

**E.4 Calcul de la pente de la droite de régression des mesures de résistance**

$$\text{Pente} = B = \frac{-5R_1 - 4R_2 - 3R_3 - 2R_4 - R_5 + R_7 + 2R_8 + 3R_9 + 4R_{10} + 5R_{11}}{110}$$

B peut être positif ou négatif.

**E.5 Calcul des variations de résistance en tant que fraction de la résistance moyenne basée sur la droite de régression**

$$\text{Variation de résistance} = M = \frac{10 B}{R}$$

**E.6 Comparaison de M avec le critère de réception**

Si  $M > 0,15$ , l'échantillon est rejeté.

Si  $M \leq 0,15$ , passer à E.7.

**E.7 Etendre le calcul de variation de résistance pour tenir compte de la répartition des relevés de résistance autour de la droite de régression**

$$\text{Calculer } S = \frac{2,07}{R} \sqrt{\frac{A_1^2 + A_2^2 + \dots + A_{11}^2}{9}}$$

où

$$A_1 = R_1 - R + 5B$$

$$A_2 = R_2 - R + 4B$$

$$A_3 = R_3 - R + 3B$$

$$A_4 = R_4 - R + 2B$$

$$A_5 = R_5 - R + B$$

$$A_6 = R_6 - R$$

$$A_7 = R_7 - R - B$$

$$A_8 = R_8 - R - 2B$$

$$A_9 = R_9 - R - 3B$$

$$A_{10} = R_{10} - R - 4B$$

$$A_{11} = R_{11} - R - 5B$$

**E.8 Comparer M + S avec le critère de réception**

Pour la réception des accessoires:  $D = M + S \leq 0,15$ .