

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

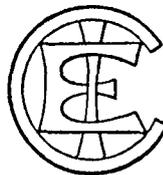
INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 137

Troisième édition – Third edition
1984

Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1000 V

Bushings for alternating voltages above 1000 V



© CEI 1984

Droits de reproduction réservés – Copyright - all rights reserved

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

Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande.

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

Symboles graphiques et littéraux

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

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 617 de la CEI: Symboles graphiques pour schémas.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 617 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

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

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50. International Electrotechnical Vocabulary (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the IEV will be supplied on request.

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:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 617: Graphical symbols for diagrams.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 617, 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 inside of the back cover, which lists IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

**COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI**

**INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD**

Publication 137

Troisième édition – Third edition

1984

Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1000 V

Bushings for alternating voltages above 1000 V



© CEI 1984

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6
SECTION UN - GÉNÉRALITÉS	
Articles	
1. Domaine d'application	8
SECTION DEUX - DÉFINITIONS	
2. Définitions	8
SECTION TROIS - CARACTÉRISTIQUES ASSIGNÉES	
3. Valeurs normales de la tension nominale (U_N)	16
4. Valeurs normales du courant assigné (I_N)	16
5. Valeurs normales du courant thermique de courte durée assigné (I_{th})	18
6. Valeur normale du courant dynamique assigné (I_d)	18
7. Valeurs minimales de tenue à la flexion	18
8. Angle de montage	20
9. Valeurs nominales minimales de la ligne de fuite unitaire	20
10. Limites de température	20
11. Niveaux d'isolement normalisés	22
12. Valeurs maximales de la capacité et du facteur de dissipation diélectrique de la prise de mesure des traversées pour transformateurs	22
SECTION QUATRE - RENSEIGNEMENTS À FOURNIR LORS DES COMMANDES ET MARQUES D'IDENTIFICATION	
13. Énumération des caractéristiques	22
14. Marques d'identification	26
SECTION CINQ - CONDITIONS DE SERVICE	
15. Surtensions temporaires	26
16. Altitude	28
17. Température de l'air ambiant et des milieux d'immersion	28
SECTION SIX - CONDITIONS D'EXÉCUTION DES ESSAIS	
18. Généralités	30
19. Classement des essais	32
20. État des traversées lors des essais diélectriques et thermiques	34
SECTION SEPT - ESSAIS DE TYPE	
21. Essai de tenue sous tension à fréquence industrielle sous pluie	36
22. Essai de tenue à la tension de choc de foudre à sec	36
23. Essai de tenue à la tension de choc de manœuvre à sec ou sous pluie	38
24. Essai de stabilité thermique	38
25. Essai d'échauffement	40
26. Essai de tenue au courant thermique de courte durée	44
27. Essai de tenue au courant dynamique	46
28. Essai de tenue à la flexion	46
29. Essai d'étanchéité sur des traversées à remplissage de liquide et à isolation liquide	46

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7
SECTION ONE - GENERAL	
Clause	
1. Scope	9
SECTION TWO - DEFINITIONS	
2. Definitions	9
SECTION THREE - RATINGS	
3. Standard values of nominal voltage (U_N)	17
4. Standard values of rated current (I_N)	17
5. Standard values of rated thermal short-time current (I_{th})	19
6. Standard value of rated dynamic current (I_d)	19
7. Minimum withstand values of cantilever load	19
8. Angle of mounting	21
9. Minimum nominal specific creepage distance	21
10. Temperature limits	21
11. Standard insulation levels	23
12. Maximum values of capacitance and dielectric dissipation factor of the test tap on transformer bushings	23
SECTION FOUR - INFORMATION TO BE FURNISHED WHEN ORDERING AND MARKINGS	
13. Enumeration of characteristics	23
14. Markings	27
SECTION FIVE - OPERATING CONDITIONS	
15. Temporary overvoltages	27
16. Altitude	29
17. Temperature of ambient air and immersion media	29
SECTION SIX - TEST REQUIREMENTS	
18. General	31
19. Test classification	33
20. Condition of the bushings during the dielectric and thermal tests	35
SECTION SEVEN - TYPE TESTS	
21. Wet power-frequency voltage withstand test	37
22. Dry lightning impulse voltage withstand test	37
23. Dry or wet switching impulse voltage withstand test	39
24. Thermal stability test	39
25. Temperature-rise test	41
26. Thermal short-time current withstand test	45
27. Dynamic current withstand test	47
28. Cantilever load withstand test	47
29. Tightness test on liquid-filled and liquid-insulated bushings	47

SECTION HUIT - ESSAIS INDIVIDUELS

Articles

30. Mesure du facteur de dissipation diélectrique ($\text{tg } \delta$) et de la capacité à la température ambiante	48
31. Essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec	50
32. Mesure de l'intensité des décharges partielles	50
33. Essais de l'isolement des prises	52
34. Essai de pression sur des traversées à remplissage de gaz et à isolation gazeuse	54
35. Essai d'étanchéité sur des traversées à remplissage de liquide et à isolation liquide	54
36. Essai d'étanchéité sur des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et immergées dans un gaz	54
37. Essai d'étanchéité à la bride ou autre dispositif de fixation	56
TABLEAUX	56
FIGURE	60

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60137:1984

Withdrawn

SECTION EIGHT - ROUTINE TESTS

Clause	Page
30. Measurement of the dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) and the capacitance at ambient temperature	49
31. Dry power-frequency voltage withstand test	51
32. Measurement of the partial discharge quantity	51
33. Tests of the tap insulation	53
34. Pressure test of gas-filled and gas-insulated bushings	55
35. Tightness test on liquid-filled and liquid-insulated bushings	55
36. Tightness test on gas-filled, gas-insulated and gas-immersed bushings	55
37. Tightness test at the flange or other fixing device	57
TABLES	57
FIGURE	60

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60137:1984

WithOr2AM

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRAVERSÉES ISOLÉES POUR TENSIONS ALTERNATIVES
SUPÉRIEURES À 1000 V

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes 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.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 36A: Traversées isolées, du Comité d'Etudes n° 36 de la CEI: Isolateurs.

Cette troisième édition remplace la deuxième édition de la Publication 137 de la CEI.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote	Procédure des Deux Mois	Rapport de vote
36A(BC)17	36A(BC)18	36A(BC)19	36A(BC)20

Pour de plus amples renseignements, consulter les rapports de vote correspondants mentionnés dans le tableau ci-dessus.

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

Publications n°s 38 (1983): Tensions normales de la CEI.

56-2 (1971): Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension, Deuxième partie: Caractéristiques nominales.

59 (1938): Courants normaux de la CEI

60-1 (1973): Techniques des essais à haute tension, Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais.

71-1 (1976): Coordination de l'isolement, Première partie: Termes, définitions, principes et règles.

76-5 (1976): Transformateurs de puissance, Cinquième partie: Tenu au court-circuit.

216-2 (1974): Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques, Deuxième partie: Liste des matériaux et des essais existants.

233 (1974): Essais des enveloppes isolantes destinées à des appareils électriques.

270 (1981): Mesure des décharges partielles.

354 (1972): Guide de charge pour transformateurs immergés dans l'huile.

505 (1975): Guide pour l'évaluation et l'identification des systèmes d'isolation du matériel électrique.

506 (1975): Essais aux chocs de manœuvres des isolateurs pour haute tension.

517 (1975): Appareillage à haute tension sous enveloppe métallique de tensions nominales égales ou supérieures à 72,5 kV.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

BUSHINGS FOR ALTERNATING VOLTAGES ABOVE 1000 V

FOREWORD

- 1) 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.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 36A: Insulated Bushings, of IEC Technical Committee No. 36: Insulators.

This third edition replaces the second edition of IEC Publication 137.

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

Six Months' Rule	Report on Voting	Two Months' Procedure	Report on Voting
36A(CO)17	36A(CO)18	36A(CO)19	36A(CO)20

Further information can be found in the relevant Reports of Voting indicated in the table above.

Other IEC publications quoted in this standard:

Publications Nos. 38 (1983): IEC Standard Voltages.

56-2 (1971): High-voltage Alternating-current Circuit-breakers, Part 2: Rating.

59 (1938): IEC Standard Current Ratings.

60-1 (1973): High-voltage Test Techniques, Part 1: General Definitions and Test Requirements.

71-1 (1976): Insulation Co-ordination, Part 1: Terms, Definitions, Principles and Rules.

76-5 (1976): Power Transformers, Part 5: Ability to Withstand Short Circuit.

216-2 (1974): Guide for the Determination of Thermal Endurance Properties of Electrical Insulating Materials. Part 2: List of Materials and Available Tests.

233 (1974): Tests on Hollow Insulators for Use in Electrical Equipment.

270 (1981): Partial Discharge Measurements.

354 (1972): Loading Guide for Oil-immersed Transformers.

505 (1975): Guide for the Evaluation and Identification of Insulation Systems of Electrical Equipment.

506 (1975): Switching Impulse Tests on High-voltage Insulators.

517 (1975): High-voltage Metal-enclosed Switchgear for Rated Voltages of 72.5 kV and Above.

TRAVERSÉES ISOLÉES POUR TENSIONS ALTERNATIVES SUPÉRIEURES À 1000 V

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente norme est applicable aux traversées, telles qu'elles sont définies dans la section deux, lesquelles sont livrées séparément et destinées aux matériels, transformateurs, et installations électriques pour les réseaux à courant alternatif triphasé de tension assignée supérieure à 1000 V et de fréquences comprises entre 15 Hz et 60 Hz.

Cette norme n'est pas applicable aux traversées pour redresseurs, machines tournantes et transformateurs d'essai ni aux traversées pour câbles de puissance (extrémités de câble). De telles traversées doivent faire l'objet d'un accord particulier entre fournisseur et acheteur.

En outre, cette norme n'est pas applicable aux constructions isolantes ayant une ressemblance avec des traversées employées comme isolateurs supports à l'intérieur de l'appareillage sous enveloppe métallique conforme à la Publication 517 de la CEI: Appareillage à haute tension sous enveloppe métallique de tensions nominales égales ou supérieures à 72,5 kV.

Notes 1. — L'application de la présente norme aux traversées destinées aux réseaux non triphasés fera l'objet d'un accord spécial entre fournisseur et acheteur.

2. — Si une traversée, en raison de son mode de construction ou d'emploi, ne peut pas être essayée séparément dans les conditions spécifiées dans cette norme, la procédure d'essai fera l'objet d'un accord spécial entre fournisseur et acheteur.

SECTION DEUX — DÉFINITIONS

2. Définitions

Les définitions ci-après sont applicables pour la présente norme:

2.1 Traversée

Dispositif servant à conduire un ou plusieurs conducteurs à travers une paroi, telle qu'un mur, une cuve, etc., en le ou les isolant de cette paroi; ce dispositif comporte les moyens de fixation (bride ou autre dispositif de fixation) sur la paroi.

Le conducteur peut être fixe, c'est-à-dire solidaire de la traversée, ou démontable.

2.2 Traversée à remplissage de liquide

Traversée dont l'espace entre la surface intérieure de l'enveloppe isolante et l'isolation solide principale est rempli d'huile ou d'un autre isolant liquide.

2.3 Traversée à isolation liquide

Traversée dont l'isolation principale est assurée par de l'huile ou par un autre isolant liquide.

BUSHINGS FOR ALTERNATING VOLTAGES ABOVE 1000 V

SECTION ONE – GENERAL

1. Scope

This standard is applicable to bushings, as defined in Section Two, which are supplied separately, intended for use in electrical apparatus, transformers, and installations, for three-phase alternating current systems, having rated voltages above 1000 V and frequencies between 15 Hz and 60 Hz.

This standard is not applicable to bushings for use with rectifiers, rotating machines, testing transformers, or to terminals for power cables (potheads). Such bushings shall be subject to special agreement between supplier and purchaser.

Moreover this standard is not applicable to insulating structures similar to bushings, which are used as support insulators inside metal-enclosed switchgear according to IEC Publication 517: High-voltage Metal-enclosed Switchgear for Rated Voltages of 72.5 kV and Above.

Notes 1. — The application of this standard to bushings for other than three-phase systems should be subject to special agreement between supplier and purchaser.

2. — If a bushing, due to its design or use, cannot be tested separately under the conditions specified in this standard, the test procedure should be subject to special agreement between supplier and purchaser.

SECTION TWO – DEFINITIONS

2. Definitions

For the purpose of this standard the following definitions shall apply:

2.1 *Bushing*

A structure carrying one or several conductors through a partition such as a wall or tank, etc., and insulating it or them therefrom, incorporating the means of attachment (flange or other fixing device) to the partition.

The conductor may form an integral part of the bushing or be drawn through.

2.2 *Liquid-filled bushing*

A bushing in which the space between the inside surface of the insulating envelope and the solid major insulation is filled with oil or another insulating liquid.

2.3 *Liquid-insulated bushing*

A bushing in which the major insulation consists of oil or another insulating liquid.

2.4 *Traversée à remplissage de gaz*

Traversée dont l'espace entre la surface intérieure de l'enveloppe isolante et l'isolation solide principale est rempli de gaz (autre que l'air ambiant) à une pression supérieure ou égale à la pression atmosphérique.

Note. — Cette définition comprend des traversées destinées à faire partie intégrante d'une installation isolée au gaz où le gaz de l'installation est en communication avec celui de la traversée.

2.5 *Traversée à isolation gazeuse*

Traversée dont l'isolation principale est assurée par un gaz (autre que l'air ambiant) à une pression supérieure ou égale à la pression atmosphérique.

Notes 1. — Cette définition comprend des traversées destinées à faire partie intégrante d'une installation isolée au gaz où le gaz de l'installation est en communication avec celui de la traversée.

2. — Une traversée qui comporte des matériaux isolants solides autres que l'enveloppe contenant le gaz (par exemple un support pour des couches conductrices ou un cylindre isolant) est une traversée à isolation composite (voir paragraphe 2.11).

2.6 *Traversée en papier imprégné d'huile*

Traversée dont l'isolation principale est assurée par un corps enroulé en papier non traité et imprégné ensuite d'un isolant liquide, généralement d'huile de transformateur. Le corps est placé dans une enveloppe isolante, l'espace entre le corps et l'enveloppe isolante étant rempli du même isolant liquide que celui qui est employé pour l'imprégnation.

2.7 *Traversée en papier enduit de résine*

Traversée dont l'isolation principale est assurée par un corps enroulé en papier enduit de résine. Lors de l'enroulement chaque couche de papier est liée à la précédente par l'enduit de résine et la cohésion obtenue par le durcissement de la résine.

Note. — Une traversée en papier enduit de résine peut comporter une enveloppe isolante. Dans ce cas, l'espace intermédiaire peut être rempli d'un isolant liquide ou d'un autre milieu isolant.

2.8 *Traversée en papier imprégné de résine*

Traversée dont l'isolation principale est assurée par un corps enroulé en papier non traité qui est ensuite imprégné de résine durcissable.

Note. — Une traversée en papier imprégné de résine peut comporter une enveloppe isolante. Dans ce cas, l'espace intermédiaire peut être rempli d'un isolant liquide ou d'un autre milieu isolant.

2.9 *Traversée en matière céramique, en verre ou en matière inorganique analogue*

Traversée dans laquelle l'isolation principale est assurée par de la céramique, par du verre ou par une matière inorganique analogue.

2.10 *Traversée à isolation en résine coulée*

Traversée dans laquelle l'isolation principale est assurée par une matière organique coulée avec ou sans addition d'une charge en matière inorganique.

2.11 *Traversée à isolation composite*

Traversée dans laquelle l'isolation principale est assurée par une association de plusieurs isolants.

2.4 *Gas-filled bushing*

A bushing in which the space between the inside surface of the insulating envelope and the solid major insulation is filled with gas (other than ambient air) at atmospheric pressure or higher.

Note. — This definition includes bushings which are intended to form an integral part of gas-insulated equipment, the gas of the equipment being in communication with that of the bushing.

2.5 *Gas-insulated bushing*

A bushing in which the major insulation consists of gas (other than ambient air) at atmospheric pressure or higher.

Notes 1. — This definition includes bushings which are intended to form an integral part of gas-insulated equipment, the gas of the equipment being in communication with that of the bushing.

2. — A bushing which contains solid insulating materials other than the envelope containing the gas (e.g. support for conducting layers or insulating cylinder) is a composite bushing (see Sub-clause 2.11).

2.6 *Oil-impregnated paper bushing*

A bushing in which the major insulation consists of a core wound from untreated paper and subsequently impregnated with an insulating liquid, generally transformer oil. The core is contained in an insulating envelope, the space between the core and the insulating envelope being filled with the same insulating liquid as that used for impregnation.

2.7 *Resin-bonded paper bushing*

A bushing in which the major insulation consists of a core wound from resin-coated paper. During the winding process, each paper layer is bonded to the previous layer by its resin coating and the bonding achieved by curing the resin.

Note. — A resin-bonded paper bushing may be provided with an insulating envelope, in which case the intervening space may be filled with an insulating liquid or another insulating medium.

2.8 *Resin-impregnated paper bushing*

A bushing in which the major insulation consists of a core wound from untreated paper and subsequently impregnated with a curable resin.

Note. — A resin-impregnated paper bushing may be provided with an insulating envelope, in which case the intervening space may be filled with an insulating liquid or another insulating medium.

2.9 *Ceramic, glass or analogous inorganic material bushing*

A bushing in which the major insulation consists of a ceramic, glass or analogous inorganic material.

2.10 *Cast resin-insulated bushing*

A bushing in which the major insulation consists of a cast organic material with or without an inorganic filler.

2.11 *Composite bushing*

A bushing in which the major insulation consists of a combination of different insulating materials.

2.12 *Traversée à répartition capacitive*

Traversée dans laquelle des couches conductrices métalliques ou non métalliques sont disposées dans la matière isolante afin d'assurer une répartition convenable du champ électrique.

- Notes 1. — L'isolation principale d'une traversée à répartition capacitive est généralement assurée par un des types suivants:
- papier imprégné d'huile,
 - papier enduit de résine,
 - papier imprégné de résine,
 - résine coulée,
 - gaz ou autre fluide isolant,
 - composite.
2. — Une traversée à répartition capacitive peut comporter une enveloppe isolante. Dans ce cas, l'espace intermédiaire peut être rempli d'un isolant liquide ou d'un autre milieu isolant.

2.13 *Traversée d'intérieur*

Traversée dont les deux extrémités sont destinées à être dans l'air ambiant mais non soumises aux conditions atmosphériques extérieures.

- Notes 1. — Dans les installations d'intérieur, il faut éviter la condensation d'humidité sur la surface des traversées en prévoyant, s'il y a lieu, une ventilation ou un chauffage.
2. — Cette définition s'applique aux traversées placées dans l'air à des températures supérieures à la température ambiante, comme cela existe pour les conducteurs sous gaine à isolation par air.

2.14 *Traversée d'extérieur*

Traversée dont les deux extrémités sont destinées à être dans l'air ambiant et soumises aux conditions atmosphériques extérieures.

2.15 *Traversée d'extérieur-intérieur*

Traversée dont les deux extrémités sont destinées à être dans l'air ambiant. Une extrémité est destinée à être soumise aux conditions atmosphériques extérieures et l'autre n'est pas destinée à y être soumise.

Note. — Voir les notes du paragraphe 2.13.

2.16 *Traversée immergée d'intérieur*

Traversée dont une des extrémités est destinée à être dans l'air ambiant mais non soumise aux conditions atmosphériques extérieures et l'autre à l'immersion dans un milieu isolant autre que l'air ambiant (par exemple huile ou gaz).

Note. — Voir les notes du paragraphe 2.13.

2.17 *Traversée immergée d'extérieur*

Traversée dont une des extrémités est destinée à être dans l'air ambiant et soumise aux conditions atmosphériques extérieures et l'autre à l'immersion dans un milieu isolant autre que l'air ambiant (par exemple huile ou gaz).

2.18 *Traversée immergée complètement*

Traversée dont les extrémités sont destinées à l'immersion dans des milieux isolants autres que l'air ambiant (par exemple huile ou gaz).

2.19 *Tension nominale (U_N)*

La tension nominale d'une traversée est la tension qui sert à la désigner.

2.12 *Capacitance graded bushing*

A bushing in which metallic or non-metallic conducting layers are arranged within the insulating material for the purpose of controlling the distribution of the electric field of the bushing.

Notes 1. — The major insulation of a capacitance graded bushing generally consists of one of the following types:

- oil-impregnated paper,
- resin-bonded paper,
- resin-impregnated paper,
- cast resin,
- gas or other insulating fluid,
- composite.

2. — A capacitance graded bushing may be provided with an insulating envelope, in which case the intervening space may be filled with an insulating liquid or another insulating medium.

2.13 *Indoor bushing*

A bushing both ends of which are intended to be in ambient air but not exposed to external atmospheric conditions.

Notes 1. — In indoor installations, moisture condensation on the surface of the bushing is to be prevented, if necessary by ventilation or heating.

2. — This definition includes bushings operating in air at temperatures above ambient, such as occur with air-insulated ducting.

2.14 *Outdoor bushing*

A bushing both ends of which are intended to be in ambient air and exposed to external atmospheric conditions.

2.15 *Outdoor-indoor bushing*

A bushing both ends of which are intended to be in ambient air. One end is intended to be exposed to external atmospheric conditions and the other end is intended not to be so exposed.

Note. — See notes to Sub-clause 2.13.

2.16 *Indoor-immersed bushing*

A bushing one end of which is intended to be in ambient air but not exposed to external atmospheric conditions and the other end to be immersed in an insulating medium other than ambient air (e.g. oil or gas).

Note. — See notes to Sub-clause 2.13.

2.17 *Outdoor-immersed bushing*

A bushing one end of which is intended to be in ambient air and exposed to external atmospheric conditions and the other end to be immersed in an insulating medium other than ambient air (e.g. oil or gas).

2.18 *Completely immersed bushing*

A bushing the ends of which are intended to be immersed in insulating media other than ambient air (e.g. oil or gas).

2.19 *Nominal voltage (U_N)*

The voltage by which the bushing is designated.

2.20 *Tension phase-terre assignée*

Valeur efficace la plus élevée de la tension que la traversée peut supporter en permanence entre son conducteur intérieur et sa bride ou autre dispositif de fixation, dans les conditions de service spécifiées dans la section cinq.

2.21 *Courant assigné (I_N)*

Le courant assigné est égal à la valeur efficace du courant par lequel le conducteur de la traversée peut être parcouru en service continu, dans les conditions de service spécifiées dans la section cinq.

2.22 *Courant thermique de courte durée assignée (I_{th})*

Valeur efficace d'un courant symétrique que la traversée peut supporter thermiquement pendant la durée assignée (t_{th}) immédiatement après un service permanent à I_N avec des températures maximales de l'air ambiant et des milieux d'immersion conformes à l'article 17.

2.23 *Courant dynamique assigné (I_d)*

Valeur de crête du courant que la traversée doit supporter mécaniquement.

2.24 *Echauffement*

Différence entre la température mesurée du point le plus chaud des pièces métalliques de la traversée en contact avec un matériau isolant et la température de l'air ambiant (voir article 10).

2.25 *Fréquence nominale*

Fréquence qui sert à désigner la traversée.

2.26 *Densité assignée du gaz isolant*

Densité, fixée par le fournisseur, à laquelle est prévu le fonctionnement de la traversée en service.

2.27 *Densité minimale de fonctionnement du gaz isolant*

Densité, fixée par le fournisseur, au-dessous de laquelle les valeurs assignées du niveau d'isolation ne sont plus applicables.

2.28 *Pression maximale de service*

Pression maximale admissible lorsque la traversée est en service, parcourue par le courant nominal, aux températures maximales indiquées à l'article 17.

2.29 *Débit des fuites des traversées à isolation gazeuse et à remplissage de gaz*

Valeur de l'échappement annuel admissible, exprimée en pourcentage de la quantité totale de gaz de la traversée.

2.30 *Enveloppe isolante*

Enveloppe en matière inorganique ou organique, par exemple une matière céramique ou une résine coulée, placée autour d'une partie ou autour de la traversée entière.

2.20 *Rated phase-to-earth voltage*

The highest r.m.s. value of the voltage which the bushing can withstand continuously between the conductor and flange or other fixing device, under the operating conditions specified in Section Five.

2.21 *Rated current (I_N)*

The r.m.s. value of current which the bushing can carry continuously under the operating conditions specified in Section Five.

2.22 *Rated thermal short-time current (I_{th})*

The r.m.s. value of a symmetrical current which the bushing can withstand thermally for the rated duration (t_{th}) immediately following continuous operation at I_N with maximum temperatures of ambient air and immersion media in accordance with Clause 17.

2.23 *Rated dynamic current (I_d)*

The peak value of a current which the bushing shall withstand mechanically.

2.24 *Temperature rise*

The difference between the measured temperature of the hottest spot of the metal parts of the bushing which are in contact with insulating material and the ambient air temperature (see Clause 10).

2.25 *Nominal frequency*

The frequency by which the bushing is designated.

2.26 *Rated density of insulating gas*

The density assigned by the supplier at which the bushing is intended to be operated in service.

2.27 *Minimum operating density of insulating gas*

The density assigned by the supplier below which the rated values of insulating level no longer apply.

2.28 *Maximum operating pressure*

The maximum permissible pressure when the bushing is in operation carrying nominal current at the highest temperatures given in Clause 17.

2.29 *Leakage rate of gas-filled and gas-insulated bushings*

The permissible annual escape of gas, expressed as a percentage of the total gas quantity in the bushing.

2.30 *Insulating envelope*

An envelope of inorganic or organic material, such as ceramic or cast resin, placed round the whole or part of a bushing.

2.31 *Ligne du fuite*

Plus courte distance (ou somme des plus courtes distances), le long du contour de la surface extérieure isolante, entre les parties métalliques qui ont entre elles normalement la tension de service.

Note. — Une couche semi-conductrice à haute résistance sur la surface extérieure de l'enveloppe isolante est à inclure dans la mesure de la ligne de fuite.

2.32 *Distance d'arc*

Plus courte distance (ou somme des plus courtes distances), à l'extérieur de la traversée, entre les parties métalliques qui ont entre elles normalement la tension de service.

2.33 *Prise de mesure*

Connexion, isolée de la bride ou autre dispositif de fixation, reliée à une des dernières couches conductrices d'une traversée à répartition capacitive pour permettre des mesures lorsque la bride de la traversée est reliée à la terre.

Note. — Cette connexion est mise directement à la terre quand elle n'est pas utilisée pour effectuer des mesures. La prise est accessible de l'extérieur de la traversée.

2.34 *Prise de tension*

Connexion, isolée de la bride ou autre dispositif de fixation, reliée à une des dernières couches conductrices d'une traversée à répartition capacitive de façon à obtenir une source de tension lorsque la traversée est en service.

Note. — Cette connexion est généralement mise directement à la terre quand elle n'est pas employée pour effectuer des mesures, ou comme source de tension. La prise de tension est accessible de l'extérieur de la traversée.

2.35 *Tension assignée de la prise de tension*

Tension la plus élevée pour laquelle la prise est conçue en vue d'alimenter le matériel qui lui est associé, lorsqu'elle est connectée à la charge assignée et lorsque la traversée est soumise à sa tension phase-terre assignée, à la fréquence nominale.

SECTION TROIS — CARACTÉRISTIQUES ASSIGNÉES

3. Valeurs normales de la tension nominale (U_N)

Les valeurs de U_N d'une traversée doivent être choisies parmi les valeurs normales de la tension la plus élevée pour le matériel U_m , définie dans la Publication 38 de la CEI: Tensions normales de la CEI, et dans la Publication 71-1 de la CEI: Coordination de l'isolement, Première partie: Termes, définitions, principes et règles. Ces valeurs sont indiquées, ci-dessous, en kilovolts:

3,6 - 7,2 - 12 - 17,5 - 24 - 36 - 52 - 72,5 - 123 - 145 - 170 - 245 - 300 - 362 - 420 - 525 - 765.

4. Valeurs normales du courant assigné (I_N)

Les valeurs de I_N d'une traversée doivent être choisies parmi les valeurs normales suivantes, indiquées en ampères:

100 - 250 - 315 - 400 - 500 - 630 - 800 - 1000 - 1250 - 1600 - 2000 - 2500 - 3150 - 4000 - 5000 - 6300 - 8000 - 10000 - 12500 - 16000 - 20000 - 25000 - 31500 - 40000.

2.31 Creepage distance

The shortest distance (or the sum of the shortest distances) along the contour of the external insulating surface between the metal parts which normally have the operating voltage between them.

Note. — A semi-conducting layer of high resistance on the external surface of the insulating envelope should be included when measuring the creepage distance.

2.32 Arcing distance

The shortest distance (or the sum of the shortest distances) outside the bushing between metal parts which normally have the operating voltage between them.

2.33 Test tap

A connection, insulated from the flange or other fixing device, made to one of the outer conducting layers of a capacitance graded bushing in order to allow measurements whilst the flange of the bushing is earthed.

Note. — This connection is earthed directly when it is not being used to carry out measurements. The tap is accessible from outside the bushing.

2.34 Voltage tap

A connection, insulated from the flange or other fixing device, made to one of the outer conducting layers of a capacitance graded bushing in order to provide a voltage source whilst the bushing is in operation.

Note. — This connection is generally earthed directly when it is not being used to carry out measurements or as a voltage source. The tap is accessible from outside the bushing.

2.35 Rated voltage of the voltage tap

The highest voltage at which the tap is designed to supply the associated equipment, with the rated load connected thereto, when the rated phase-to-earth voltage of the bushing is applied to the bushing, at the nominal frequency.

SECTION THREE — RATINGS

3. Standard values of nominal voltage (U_N)

The values of U_N of a bushing shall be chosen from the standard values of the highest voltage for equipment, U_m defined in IEC Publication 38: IEC Standard Voltages, and IEC Publication 71-1: Insulation Co-ordination, Part 1: Terms, Definitions, Principles and Rules, as given below, in kilovolts:

3.6 - 7.2 - 12 - 17.5 - 24 - 36 - 52 - 72.5 - 123 - 145 - 170 - 245 - 300 - 362 - 420 - 525 - 765.

4. Standard values of rated current (I_N)

The values of I_N of a bushing shall be chosen from the standard values expressed in amperes given below:

100 - 250 - 315 - 400 - 500 - 630 - 800 - 1000 - 1250 - 1600 - 2000 - 2500 - 3150 - 4000 - 5000 - 6300 - 8000 - 10000 - 12500 - 16000 - 20000 - 25000 - 31500 - 40000.

Cette série est conforme aux valeurs indiquées dans la Publication 59 de la CEI: Courants normaux de la CEI.

- Notes 1. — Dans le cas de traversées pour transformateurs, dont le conducteur est introduit dans le tube central, le fournisseur doit indiquer, au minimum, la valeur de la section, le matériau constituant le conducteur et le niveau de l'huile dans le tube central qui correspondent à I_N .
2. — I_N de la traversée n'est pas nécessairement identique au courant assigné de l'appareil entier. Il peut être plus élevé ou plus bas dans la mesure où les conditions de service effectives s'écartent des conditions d'essai normales de la traversée. On admet, comme règle générale, pour le courant admissible en service, que les limites de température sont conformes à l'article 10.
3. — On considère que les traversées pour transformateurs dont I_N est au moins égal à 120% du courant assigné du transformateur sont capables de supporter des surcharges conformes à la Publication 354 de la CEI: Guide de charge pour transformateurs immergés dans l'huile, sans avoir recours à d'autres éclaircissements ou essais.

5. Valeurs normales du courant thermique de courte durée assigné (I_{th})

Sauf indication contraire, la valeur normale de I_{th} doit être 25 fois I_N , t_{th} étant 1 s. Pour des traversées dont la valeur de I_N est supérieure ou égale à 4000 A, I_{th} doit toujours être de 100 kA.

Note. — Dans la Publication 56-2 de la CEI: Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension, Deuxième partie: Caractéristiques nominales, la valeur maximale du courant d'interruption de court-circuit est de 100 kA.

Compte tenu de la Publication 76-5 de la CEI: Transformateurs de puissance, Cinquième partie: Tenue au court-circuit, t_{th} doit toujours être égale à 2 s pour les traversées de transformateurs.

6. Valeur normale du courant dynamique assigné (I_d)

La valeur normale de I_d doit avoir une amplitude de la première crête égale à 2,5 fois la valeur de I_{th} indiquée à l'article 5.

7. Valeurs minimales de tenue à la flexion

Sauf spécification contraire, la traversée doit supporter pendant 60 s les valeurs suivantes de charge d'essai de tenue à la flexion, appliquée perpendiculairement à l'axe de la traversée, au milieu du raccord ou des raccords:

U_N (kV)	I_N (A)			
	≤800	1 000 1 600	2 000 2 500	≥3 150
	Charge d'essai de tenue à la flexion (N)			
≤52	1 000	1 250	2 000	3 150
72,5 ... 123	1 000	1 250	2 000	4 000
145 ... 300	1 250	1 600	2 500	4 000
≥362	2 500	2 500	3 150	5 000

La contrainte mécanique de flexion maximale en service continu en toutes directions, y compris la force due au vent, que la traversée doit supporter devra être limitée à:

- 50% des valeurs d'essai lorsque la traversée est installée avec une inclinaison qui ne dépasse pas 30° par rapport à la verticale;
- 30% des valeurs d'essai lorsque la traversée est installée avec une inclinaison qui dépasse 30° par rapport à la verticale.

The above series of currents are in accordance with the values indicated in IEC Publication 59: IEC Standard Current Ratings.

- Notes 1. — In the case of transformer bushings with the conductor drawn into the central tube, the supplier shall at least indicate the value of the cross-section, material of the conductor and the level of oil in the central tube which correspond to I_N .
2. — I_N of the bushing need not necessarily be identical to the rated current of the complete apparatus. It may be higher or lower, depending on how the actual operating conditions deviate from the standard test conditions for the bushing. The general rule for the permissible operating current should be that the temperature limits should be in accordance with Clause 10.
3. — Bushings for transformers selected with I_N not less than 120% of rated current of the transformer are considered to be able to withstand the overload conditions according to IEC Publication 354: Loading Guide for Oil-immersed Transformers, without further clarification or tests.

5. Standard values of rated thermal short-time current (I_{th})

Unless otherwise stated, the standard value of I_{th} shall be 25 times I_N , t_{th} being 1 s. For bushings with I_N greater than or equal to 4 000 A, I_{th} shall always be 100 kA.

Note. — In IEC Publication 56-2: High-voltage Alternating-current Circuit-breakers, Part 2: Rating, the maximum value of rated short-circuit breaking current is 100 kA.

With reference to IEC Publication 76-5: Power Transformers, Part 5: Ability to Withstand Short Circuit, t_{th} shall always be 2 s for transformer bushings.

6. Standard value of rated dynamic current (I_d)

The standard value of I_d shall have an amplitude of the first peak of 2.5 times the value of I_{th} according to Clause 5.

7. Minimum withstand values of cantilever load

Unless otherwise specified, the bushings shall withstand the following cantilever test load for 60 s, applied to the midpoint of the terminal or terminals, perpendicularly to the bushing axis:

U_N (kV)	I_N (A)			
	≤ 800	1 000 1 600	2 000 2 500	$\geq 3 150$
	Cantilever test load (N)			
≤ 52	1 000	1 250	2 000	3 150
72.5 ... 123	1 000	1 250	2 000	4 000
145 ... 300	1 250	1 600	2 500	4 000
≥ 362	2 500	2 500	3 150	5 000

The maximum permanent cantilever load in operation, including wind, which the bushing shall withstand in any direction should be limited to:

- 50% of the test values when the bushing is installed at any angle not exceeding 30° from the vertical;
- 30% of the test values when the bushing is installed at any angle exceeding 30° from the vertical.

8. Angle de montage

Sauf indication contraire, on admet que les traversées conformes aux paragraphes 2.13, 2.14, 2.15 et 2.18 sont conçues pour montage avec un angle d'inclinaison quelconque et que les traversées conformes aux paragraphes 2.16 et 2.17 sont conçues pour montage avec un angle d'inclinaison qui ne dépasse pas 30° par rapport à la verticale.

9. Valeurs nominales minimales de la ligne de fuite unitaire

Les valeurs nominales minimales de la ligne de fuite unitaire (en millimètres par unité de U_N), pour les traversées dont une ou les deux extrémités sont destinées à être à l'extérieur, sont les suivantes:

- | | |
|--------------------------------------------|----------|
| — pour atmosphères légèrement polluées | 16 mm/kV |
| — pour atmosphères moyennement polluées | 20 mm/kV |
| — pour atmosphères fortement polluées | 25 mm/kV |
| — pour atmosphères très fortement polluées | 31 mm/kV |

La valeur de la ligne de fuite à l'ombre de la pluie sous un angle de précipitation de 90° par rapport à l'axe de la traversée ne devra normalement pas dépasser 50% de la valeur totale de la ligne de fuite.

Notes 1. — La définition des diverses classes de pollution est encore à l'étude.

2. — Les valeurs de la ligne de fuite unitaire, indiquées ci-dessus, sont provisoires. Elles sont conformes au guide d'application qui sera rédigé ultérieurement par le Comité d'Etudes n° 36.

Ce guide d'application indiquera les facteurs significatifs influençant les performances des isolateurs soumis à la pollution, comme la forme du profil des ailettes ou le diamètre de l'isolateur et son angle d'installation, et fixera les définitions et les méthodes de mesure du degré de pollution d'un site.

3. — La valeur réelle de la ligne de fuite peut s'écarter de la valeur nominale en fonction des tolérances de fabrication définies dans la Publication 233 de la CEI: Essais des enveloppes isolantes destinées à des appareils électriques.

10. Limites de température

Les limites de température généralement admises dans les conditions de services normales, c'est-à-dire avec une température moyenne journalière maximale de l'air ambiant conforme à l'article 17, sont les suivantes:

- 120°C pour le papier enduit de résine ou imprégné de résine;
- 105°C pour le papier imprégné d'huile.

En conséquence, l'échauffement par rapport à l'air ambiant du point le plus chaud des pièces métalliques ne doit pas dépasser:

- 90 K à l'endroit d'un contact avec du papier enduit ou imprégné de résine, ou
- 75 K à l'endroit d'un contact avec du papier imprégné d'huile.

Dans le cas d'autres matériaux isolants, les limites de température sont à convenir entre fournisseur et acheteur. Il faut se référer à la Publication 216-2 de la CEI: Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques, Deuxième partie: Liste des matériaux et des essais existants, et à la Publication 505 de la CEI: Guide pour l'évaluation et l'identification des systèmes d'isolation du matériel électrique.

8. Angle of mounting

Unless otherwise stated, it shall be assumed that bushings according to Sub-clauses 2.13, 2.14, 2.15 and 2.18 are designed for mounting at any angle of inclination and that bushings according to Sub-clauses 2.16, 2.17 are designed for mounting at any angle of inclination not exceeding 30° from the vertical.

9. Minimum nominal specific creepage distance

The minimum nominal specific creepage distance (in millimetres per unit of U_N), for bushings one or both ends of which are intended to be outdoors, is the following:

- | | |
|-----------------------------------------|----------|
| — for lightly polluted atmospheres | 16 mm/kV |
| — for medium polluted atmospheres | 20 mm/kV |
| — for heavily polluted atmospheres | 25 mm/kV |
| — for very heavily polluted atmospheres | 31 mm/kV |

The value of creepage distance in the rain shadow at an angle of precipitation of 90° to the bushing axis should generally not exceed 50% of the total creepage distance.

Notes 1. — The definition for the various pollution classes is still under consideration.

2. — The above values of specific creepage distance are provisional. The values are in accordance with the application guide to be issued shortly by Technical Committee No. 36.

This application guide will indicate significant factors influencing the performance of the insulators under polluted conditions, such as the shape of shed profiles or the diameter and the angle of installation of the insulators, and will state definitions and measurement methods for site severity.

3. — The actual value of creepage distance can differ from the nominal one by the manufacturing tolerances stated in IEC Publication 233: Tests on Hollow Insulators for Use in Electrical Equipment.

10. Temperature limits

The temperature limits commonly used under usual operating conditions, i.e. maximum daily mean ambient air temperature according to Clause 17, are:

- 120°C for resin-bonded and resin-impregnated paper;
- 105°C for oil-impregnated paper.

Consequently, the temperature rise above ambient air temperature of the hottest spot of metal parts shall not exceed:

- 90 K where in contact with resin-bonded and resin-impregnated paper, or
- 75 K where in contact with oil-impregnated paper.

In the case of other insulating materials, the temperature limits shall be agreed between supplier and purchaser. Reference should be made to IEC Publication 216-2: Guide for the Determination of Thermal Endurance Properties of Electrical Insulating Materials: Part 2: List of Materials and Available Tests, and IEC Publication 505: Guide for Evaluation and Identification of Insulation Systems of Electrical Equipment.

Les traversées faisant partie intégrante d'un matériel, tel que l'appareillage ou les transformateurs doivent répondre aux prescriptions thermiques du matériel considéré. Pour les traversées de transformateurs, il faut se référer aux notes 1, 2 et 3 de l'article 4.

Il peut être nécessaire de prêter une attention particulière aux raccords et aux traversées qui comprennent des dispositifs de contact.

11. Niveaux d'isolement normalisés

Les valeurs normalisées du niveau d'isolement d'une traversée dont U_N est inférieure à 300 kV doivent être choisies parmi les valeurs indiquées dans le tableau I.

Les valeurs normales du niveau d'isolement d'une traversée dont U_N est égale ou supérieure à 300 kV doivent être choisies parmi les valeurs indiquées dans le tableau II.

Les tableaux se trouvent à la fin de cette norme.

Les valeurs normalisées spécifiées des niveaux d'isolement sont conformes à la Publication 71-1 de la CEI.

12. Valeurs maximales de la capacité et du facteur de dissipation diélectrique de la prise de mesure des traversées pour transformateurs

En vue de permettre les mesures des décharges partielles sur les transformateurs, la prise de mesure doit avoir au maximum:

- une capacité par rapport à la terre de 5 000 pF;
- un facteur de dissipation diélectrique ($\text{tg } \delta$) de 0,1 mesuré à fréquence industrielle.

Notes 1. — Il peut être convenu entre fournisseur et acheteur que la valeur maximale de la capacité par rapport à la terre de la prise de mesure sera plus faible.

2. — A la demande de l'acheteur, le fournisseur indiquera les valeurs du facteur de dissipation diélectrique pour le matériau isolant de la prise, à des fréquences utilisées pour des mesures de décharges partielles sur les transformateurs.

3. — La traversée ne comprendra pas de capacités importantes à la terre qui pourraient dériver les courants dus aux décharges partielles et rendre ainsi les mesures de décharges partielles sur les transformateurs incorrectes ou trompeuses.

SECTION QUATRE — RENSEIGNEMENTS À FOURNIR LORS DES COMMANDES ET MARQUES D'IDENTIFICATION

13. Énumération des caractéristiques

Lors de la spécification des traversées, l'acheteur doit fournir ceux des renseignements ci-après qui sont nécessaires, ainsi que toute autre information utile, pour déterminer clairement les caractéristiques exigées.

13.1 Utilisation

Utilisation, y compris le type de matériel auquel la traversée est destinée et la norme de la CEI correspondant à ce matériel.

Il convient également d'attirer l'attention sur les caractéristiques (y compris les essais) de l'appareil complet lorsque celles-ci peuvent influencer la construction de la traversée (voir note 2 de l'article 20).

Bushings used as an integral part of apparatus such as switchgear or transformers shall meet the thermal requirements for the relevant apparatus. For transformer bushings, reference should be made to Notes 1, 2 and 3 of Clause 4.

Special consideration may be necessary for terminals and bushings which include contacts.

11. Standard insulation levels

The standard values of insulation level of a bushing having U_N below 300 kV are to be chosen from the values given in Table I.

The standard values of insulation level of a bushing having U_N equal to or above 300 kV are to be chosen from the values given in Table II.

The tables are to be found at the end of this standard.

The specified standard values of insulation level are in accordance with IEC Publication 71-1.

12. Maximum values of capacitance and dielectric dissipation factor of the test tap on transformer bushings

In view of its use for partial discharge measurements on transformers the values for the test tap shall not exceed:

- a capacitance with respect to earth of 5 000 pF;
- a dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) of 0.1 measured at power frequency.

Notes 1. - A lower maximum value of test tap capacitance with respect to earth may be agreed between supplier and purchaser.

2. - At the request of the purchaser, the supplier should indicate the values of dielectric dissipation factor for the insulating material of the tap at frequencies used for partial discharge measurement on transformers.

3. - The bushing shall not incorporate substantial capacitances to earth which may divert the partial discharge current and so give rise to incorrect or misleading partial discharge measurements on the transformer.

SECTION FOUR — INFORMATION TO BE FURNISHED WHEN ORDERING AND MARKINGS

13. Enumeration of characteristics

When specifying, the purchaser shall furnish as much of the following information as necessary, as well as any additional information needed to determine clearly the required characteristics.

13.1 Application

Application, including type of apparatus for which the bushing is intended and the corresponding IEC apparatus standard.

Attention should be drawn to any features (including tests) of the completed apparatus which may affect the design of the bushing (see Note 2 to Clause 20).

13.2 *Classification*

Classification selon les paragraphes 2.2 à 2.18.

13.3 *Caractéristiques assignées*

- 13.3.1 Tension nominale (U_N) (paragraphe 2.19).
- 13.3.2 Tension phase-terre assignée (paragraphe 2.20).
- 13.3.3 Niveau d'isolement normalisé (article 11).
- 13.3.4 Courant assigné (I_N) (paragraphe 2.21).
- 13.3.5 Courant thermique de courte durée assigné (I_{th}) et durée assignée (t_{th}), s'ils sont autres que la valeur indiquée dans l'article 5.
- 13.3.6 Courant dynamique assigné (I_d), s'il est autre que la valeur indiquée dans l'article 6.
- 13.3.7 Fréquence nominale (voir paragraphe 2.25).
- 13.3.8 Densité assignée du gaz isolant (voir paragraphe 2.26) (ne s'applique qu'aux traversées conformes aux paragraphes 2.4 et 2.5 quand le gaz de l'installation est en communication avec celui de la traversée).
- 13.3.9 Charge de tenue à la flexion, si elle est supérieure à la valeur indiquée dans l'article 7.
- 13.3.10 Valeur maximale de la capacité de la prise de mesure, si elle est inférieure à la valeur indiquée dans l'article 12.

13.4 *Conditions de service*

- 13.4.1 Surtensions temporaires, s'il y a lieu (voir article 15).
- 13.4.2 Altitude, si elle est supérieure à 1000 m (voir article 16) (ne s'applique qu'aux traversées conformes aux paragraphes 2.13 à 2.17).
- 13.4.3 Classe de température minimale de l'air ambiant (voir article 17) (ne s'applique qu'aux traversées conformes aux paragraphes 2.13 à 2.17).
- 13.4.4 Type du milieu d'immersion (ne s'applique qu'aux traversées conformes aux paragraphes 2.16 à 2.18).
- 13.4.5 Niveau minimal du milieu d'immersion (ne s'applique qu'aux traversées conformes aux paragraphes 2.16 à 2.18).
- 13.4.6 Pression de service maximale des milieux d'immersion (ne s'applique qu'aux traversées conformes aux paragraphes 2.16 à 2.18).
- 13.4.7 Type de gaz isolant (ne s'applique qu'aux traversées conformes aux paragraphes 2.4 et 2.5 quand le gaz de l'installation est en communication avec celui de la traversée).
- 13.4.8 Densité minimale de fonctionnement du gaz isolant (voir paragraphe 2.27) (ne s'applique qu'aux traversées conformes aux paragraphes 2.4 et 2.5 quand le gaz de l'installation est en communication avec celui de la traversée).
- 13.4.9 Pression maximale de service (voir paragraphe 2.28) (ne s'applique qu'aux traversées conformes aux paragraphes 2.4 et 2.5 quand le gaz de l'installation est en communication avec celui de la traversée).
- 13.4.10 Angle de montage (voir article 8).

13.2 Classification

Classification according to Sub-clauses 2.2 to 2.18.

13.3 Ratings

- 13.3.1 Nominal voltage (U_N) (see Sub-clause 2.19).
- 13.3.2 Rated phase-to-earth voltage (see Sub-clause 2.20).
- 13.3.3 Standard insulation level (see Clause 11).
- 13.3.4 Rated current (I_N) (see Sub-clause 2.21).
- 13.3.5 Rated thermal short-time current (I_{th}) and rated duration (t_{th}), if deviating from the values indicated in Clause 5.
- 13.3.6 Rated dynamic current (I_d), if deviating from the value indicated in Clause 6.
- 13.3.7 Nominal frequency (see Sub-clause 2.25).
- 13.3.8 Rated density of insulating gas (see Sub-clause 2.26) (relevant only to bushings according to Sub-clauses 2.4 and 2.5 when the gas of the equipment is in communication with that of the bushing).
- 13.3.9 Cantilever withstand load, if exceeding the value indicated in Clause 7.
- 13.3.10 Maximum value of test tap capacitance, if lower than the value indicated in Clause 12.

13.4 Operating conditions

- 13.4.1 Temporary overvoltages, if applicable (see Clause 15).
- 13.4.2 Altitude, if exceeding 1000 m (see Clause 16) (relevant only to bushings according to Sub-clauses 2.13 to 2.17).
- 13.4.3 Class of minimum ambient air temperature (see Clause 17) (relevant only to bushings according to Sub-clauses 2.13 to 2.17).
- 13.4.4 Type of immersion medium (relevant only to bushings according to Sub-clauses 2.16 to 2.18).
- 13.4.5 Minimum level of immersion medium (relevant only to bushings according to Sub-clauses 2.16 to 2.18).
- 13.4.6 Maximum operating pressure of immersion media (relevant only to bushings according to Sub-clauses 2.16 to 2.18).
- 13.4.7 Type of insulating gas (relevant only to bushings according to Sub-clauses 2.4 and 2.5 when the gas of the equipment is in communication with that of the bushing).
- 13.4.8 Minimum operating density of insulating gas (see Sub-clause 2.27) (relevant only to bushings according to Sub-clauses 2.4 and 2.5 when the gas of the equipment is in communication with that of the bushing).
- 13.4.9 Maximum operating pressure (see Sub-clause 2.28) (relevant only to bushings according to Sub-clauses 2.4 and 2.5 when the gas of the equipment is in communication with that of the bushing).
- 13.4.10 Angle of mounting (see Clause 8).

13.4.11 Ligne de fuite nominale minimale (voir article 9) (ne s'applique qu'aux traversées conformes aux paragraphes 2.14, 2.15 et 2.17).

13.4.12 Conditions climatiques inhabituelles.

13.5 Construction

13.5.1 Pour des traversées livrées sans conducteur: diamètre, type (câble, tige pleine ou creuse), matériau et position du conducteur dont la traversée sera munie en service.

13.5.2 Conditions dimensionnelles particulières, s'il y a lieu.

13.5.3 Prise de mesure ou de tension: si nécessaire (voir paragraphes 2.34, 2.35 et 2.36).

13.5.4 Longueur du manchon adjacent à la bride et mis à la terre ou autre dispositif de fixation, s'il y a lieu.

13.5.5 Renseignements généraux concernant la position de la traversée par rapport aux parties mises à la terre de l'appareil auquel la traversée est destinée.

13.5.6 Montage ou non d'éclateurs ou d'anneaux de champ.

13.5.7 Prescriptions particulières pour la protection contre la corrosion des pièces métalliques.

13.5.8 Niveau de l'huile dans le tube central.

14. Marques d'identification

Chaque traversée doit porter les marques d'identification suivantes:

14.1 Nom ou marque du fournisseur.

14.2 Année de fabrication et numéro de série ou type.

14.3 Tension nominale (U_N) (voir paragraphe 2.19), tension phase-terre assignée (voir paragraphe 2.20) et fréquence nominale (voir paragraphe 2.25).

14.4 Tensions de tenue au choc de foudre et au choc de manœuvre ou à fréquence industrielle (voir article 11).

14.5 Courant assigné (I_N) (voir paragraphe 2.21).

14.6 Type de gaz isolant et densité minimale de fonctionnement (voir paragraphes 2.27 et 13.4.7), s'il y a lieu.

14.7 Masse si elle est supérieure à 100 kg.

14.8 Angle de montage maximal (voir article 8).

Note. — Il peut arriver qu'il soit difficile de faire figurer toutes les indications ci-dessus sur les plus petites traversées. Dans ce cas, les indications mentionnées aux paragraphes 14.1 et 14.2 sont indispensables. D'autres renseignements peuvent faire l'objet d'un accord entre fournisseur et acheteur.

SECTION CINQ — CONDITIONS DE SERVICE

15. Surtensions temporaires

Dans les conditions de service normal, la tension maximale phase-terre ne devra pas dépasser U_N divisée par $\sqrt{3}$.

Les traversées doivent pouvoir supporter une tension phase-terre égale à U_N pour des traversées dont U_N est égale ou inférieure à 170 kV et à $0,7 U_N$ pour des traversées dont U_N est

13.4.11 Minimum nominal creepage distance (see Clause 9) (relevant only to bushings according to Sub-clauses 2.14, 2.15 and 2.17).

13.4.12 Unusual climatic conditions.

13.5 Design

13.5.1 For bushings supplied without a conductor: diameter, type (cable, solid or hollow stem), material and position of the conductor with which the bushing will be fitted in service.

13.5.2 Particular dimensional requirements, if any.

13.5.3 Test tap or voltage tap: if required (see Sub-clauses 2.34, 2.35 and 2.36).

13.5.4 The length of earthed sleeve located next to the flange or other fixing device, if any.

13.5.5 General information concerning the position of the bushing in relation to the earthed parts of the apparatus for which the bushing is intended.

13.5.6 Whether protective gaps are to be fitted or not.

13.5.7 Special requirements for corrosion protection of metallic parts.

13.5.8 Oil level in central tube of bushing.

14. Markings

Each bushing should carry the following markings:

14.1 Supplier's name or trade mark.

14.2 Year of manufacture and serial number or type.

14.3 Nominal voltage (U_N) (see Sub-clause 2.19), rated phase-to-earth voltage (Sub-clause 2.20) and nominal frequency (see Sub-clause 2.25).

14.4 Lightning impulse and switching impulse or power frequency withstand test voltages (see Clause 11).

14.5 Rated current (I_N) (see Sub-clause 2.21).

14.6 Type of insulating gas and minimum operating density (see Sub-clauses 2.27 and 13.4.7), if applicable.

14.7 Mass if above 100 kg.

14.8 Maximum angle of mounting (see Clause 8).

Note. — It may be difficult to include all the above markings on smaller bushings. In this case Sub-clauses 14.1 and 14.2 shall be mandatory. Other markings may be agreed between supplier and purchaser.

SECTION FIVE — OPERATING CONDITIONS

15. Temporary overvoltages

In normal operation the maximum phase-to-earth voltage of the system should not exceed U_N divided by $\sqrt{3}$.

Bushings shall be able to operate at phase-to-earth voltages of U_N for bushings of which U_N is equal to or less than 170 kV and $0.7 U_N$ for bushings of which U_N is equal to or greater than

égale ou supérieure à 245 kV pendant une durée qui ne dépasse pas 8 h par période de 24 h et dont la durée totale ne dépasse pas 125 h par an.

Dans les réseaux où des surtensions supérieures à cette valeur peuvent se présenter, il peut être opportun de choisir une traversée dont U_N est plus élevée. Dans de tels cas, il convient de consulter le fournisseur.

16. Altitude

Sauf indication contraire, on admet que les traversées dont l'une ou les deux extrémités sont destinées à être dans l'air ambiant sont prévues pour être utilisées à une altitude qui ne dépasse pas 1 000 m.

Note. — Aux altitudes élevées, la densité de l'air est inférieure à celle du niveau de la mer. La rigidité diélectrique de l'air est alors réduite et les distances d'arc peuvent être insuffisantes.

L'altitude n'influence pas la tension de perforation ni la tension de contournement dans le milieu d'immersion d'une traversée.

Bien que le niveau d'isolement se réfère au niveau de la mer, les traversées qui correspondent à la présente norme sont prévues pour être utilisées à toutes altitudes n'excédant pas 1 000 m. Pour s'assurer que les tensions de tenue extérieures seront suffisantes aux altitudes supérieures à 1 000 m, il faut augmenter la distance d'arc par rapport à celle prévue normalement. Il n'est pas nécessaire de modifier l'épaisseur radiale de l'isolation, ni la dimension de l'extrémité immergée.

La distance d'arc d'une traversée prévue pour être utilisée à une altitude dépassant 1 000 m doit être telle que, si la traversée pouvait être essayée à une altitude inférieure à 1 000 m, la distance d'arc supporterait l'application de tensions d'essai supérieures.

Par suite des limitations imposées par la tension de perforation et la tension de contournement dans le milieu d'immersion, il ne sera pas toujours possible de vérifier l'efficacité de cette augmentation de la distance d'arc en effectuant des essais à une altitude inférieure à celle de service. Dans un tel cas, le fournisseur pourra démontrer, par d'autres moyens, que la distance d'arc est appropriée.

En règle générale, l'augmentation du niveau d'isolement, sur lequel est fondée la distance d'arc devra être de 1,0% par 100 m à partir de 1 000 m au-dessus du niveau de la mer.

Exemple: Altitude du lieu d'installation: 2 800 m.

Augmentation du niveau d'isolement = $(28 - 10) \times 1,0 = 18\%$.

On choisira, de préférence, le niveau d'isolement normalisé supérieur le plus proche.

17. Température de l'air ambiant et des milieux d'immersion

Sauf indication contraire, on admet que les traversées sont conçues pour être utilisées à des températures qui ne dépassent pas les limites ci-après:

- air ambiant:
 - maximum 40°C
 - moyenne journalière maximale 30°C
 - moyenne annuelle maximale 20°C
- pour traversées d'intérieur:
 - classe 1: minimum -5°C
 - classe 2: minimum -25°C
 - classe 3: minimum -40°C

245 kV for periods not exceeding 8 h in any 24 h and of which the total period does not exceed 125 h per year.

For systems in which overvoltages in excess of this may occur it may be advisable to choose a bushing with a higher U_N . In such cases the supplier's advice should be sought.

16. Altitude

Unless otherwise stated, it shall be assumed that bushings of which one or both ends are intended to be in ambient air are suitable for operation at altitudes not exceeding 1 000 m.

Note. — The air density at high altitudes is lower than at sea level. The dielectric strength of the air is thus reduced and arcing distances may be insufficient.

The puncture strength and the flashover voltage in the immersion medium of a bushing are not affected by altitude.

Although the insulation level refers to sea level, bushings corresponding to this standard are suitable for operation at any altitude not exceeding 1 000 m. In order to ensure that the external withstand voltages of the bushing are sufficient at altitudes exceeding 1 000 m the arcing distance normally required should be increased by a suitable amount. It is not necessary to adjust the radial thickness of insulation or the clearance of the immersed end.

The arcing distance of a bushing intended for operation at altitudes exceeding 1 000 m shall be such that if the bushings could be tested at an altitude below 1 000 m, the arcing distance would withstand the application of higher test voltages.

Owing to the limitations of puncture strength and flashover voltage in the immersion medium it may not always be possible to check the adequacy of the increased arcing distance by actual tests at any altitude lower than that of operation. In such a case the supplier may demonstrate by any other means that the arcing distance is adequate.

For general guidance, the amount by which the insulation level, on which the arcing distance is based, should be increased is 1.0% for each 100 m in excess of 1 000 m above sea level.

Example: Altitude of installation: 2 800 m.

Increase in insulation level: $= (28 - 10) \times 1.0 = 18\%$.

Preferably the next higher standard insulation level should be selected.

17. Temperature of ambient air and immersion media

Unless otherwise stated, it shall be assumed that bushings are designed for operation at temperatures not exceeding the following limits:

- ambient air:
 - maximum 40 °C
 - maximum daily mean 30 °C
 - maximum annual mean 20 °C
- for indoor bushings:
 - class 1: minimum -5 °C
 - class 2: minimum -25 °C
 - class 3: minimum -40 °C

pour traversées d'extérieur:

classe 1: minimum -25°C

classe 2: minimum -40°C

classe 3: minimum -60°C ;

- huile de transformateur: maximum 100°C
moyenne journalière maximale 90°C ;
- autres milieux (gazeux et non gazeux): voir note 2.

La température moyenne journalière du milieu d'immersion peut être calculée en établissant la moyenne des températures relevées toutes les heures pendant 24 h de suite.

Notes 1. — Les valeurs ci-dessus pour l'huile de transformateur sont conformes aux diverses parties de la Publication 76 de la CEI, et sont applicables à toutes les traversées de transformateur.

2. — En l'absence d'autres indications, il convient, en principe, de se référer à la norme de la CEI correspondant au matériel auquel la traversée est destinée, en prêtant une attention particulière aux traversées dont une extrémité est destinée à l'immersion dans un gaz.
3. — Par accord entre fournisseur et acheteur, d'autres gammes de températures peuvent être adoptées.

SECTION SIX — CONDITIONS D'EXECUTION DES ESSAIS

18. Généralités

Les méthodes à employer pour les essais diélectriques selon les articles 21, 22, 23 et 30 sont indiquées en détail dans la Publication 60 de la CEI: Techniques des essais à haute tension. Pour les essais correspondant aux articles 21 et 23, il faut employer la procédure d'essais sous pluie révisée, décrite au paragraphe 8.1 de la Publication 60-1 de la CEI: Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais. L'essai décrit dans l'article 23 doit être effectué selon la Publication 506 de la CEI: Essais aux chocs de manœuvres des isolateurs pour haute tension.

La mesure de l'intensité des décharges partielles, décrite dans l'article 32, doit être effectuée selon la Publication 270 de la CEI: Mesure des décharges partielles.

Dans la mesure où les essais des enveloppes isolantes en matière céramique sont applicables, voir la Publication 233 de la CEI.

A la demande de l'acheteur, le fournisseur doit présenter un certificat détaillé relatif aux essais de type.

Les essais doivent avoir été effectués sur des traversées dont la construction ne diffère de celle offerte à l'acheteur en aucune façon qui puisse améliorer les caractéristiques à vérifier par un essai de type. La répétition d'un essai de type n'est obligatoire que lorsqu'elle est spécifiée dans un contrat déterminé.

Les valeurs des tensions applicables pour les essais de tenue effectués sur des traversées sortant de fabrication sont celles qui sont indiquées aux tableaux I, II et III.

Dans le cas des traversées qui ont été en service, les valeurs des tensions des essais individuels de tenue doivent être réduites à 85% de celles qui sont indiquées dans les tableaux.

Les traversées ne doivent pas être endommagées par suite des contournements admissibles dans l'air lors des essais décrits dans les articles 21, 22, 23 et 30, mais de légères traces restant sur la surface des parties isolantes sont acceptables.

for outdoor bushings:

class 1: minimum -25°C

class 2: minimum -40°C

class 3: minimum -60°C ;

- oil in transformers: maximum 100°C
maximum daily mean 90°C ;
- other media (gaseous and non-gaseous): see Note 2.

The daily mean temperature of the immersion medium may be calculated by averaging 24 consecutive hourly readings.

Notes 1. — The values for oil in transformers are in accordance with the various parts of IEC Publication 76 and are applicable to all transformer bushings.

2. — In the absence of other information, reference should in principle be made to the corresponding IEC apparatus standard for which the bushing is intended, whereby particular attention should be paid to bushings one end of which is to be immersed in gas.

3. — By agreement between purchaser and supplier other temperature ranges may be adopted.

SECTION SIX — TEST REQUIREMENTS

18. General

The methods to be used for the dielectric tests to Clauses 21, 22, 23 and 30 are detailed in IEC Publication 60: High-voltage Test Techniques. For the tests according to Clauses 21 and 23 the revised wet test procedure described in Sub-clause 8.1 of IEC Publication 60-1: Part 1: General Definitions and Test Requirements, shall be used. The test according to Clause 23 shall be carried out in accordance with IEC Publication 506: Switching Impulse Tests on High-voltage Insulators.

The measurement of the partial discharge quantity according to Clause 32 shall be carried out in accordance with IEC Publication 270: Partial Discharge Measurements.

As far as tests on insulating envelopes of ceramic material are applicable, see IEC Publication 233.

The supplier shall provide a detailed type test certificate at the request of the purchaser.

The tests shall have been carried out on bushings of a design that does not differ from that offered to the purchaser in any way that may improve the features to be checked by a type test. Repetition of a type test is only mandatory when specified in a particular contract.

The values of the applicable withstand test voltages for newly manufactured bushings are indicated in Tables I, II and III.

For bushings which have been in service the routine withstand test voltages shall be reduced to 85% of the values indicated in the tables.

The bushings shall not be damaged by the tolerated flashovers in air when tested according to Clauses 21, 22, 23 and 30 but slight marks remaining on the surface of the insulating parts are acceptable.

L'acceptation de traces sur les traversées en résine coulée doit faire l'objet d'un accord entre fournisseur et acheteur.

Une définition des termes «contournement» et «perforation» est donnée dans la Publication 60-1 de la CEI.

Sauf indication contraire, la température de l'air ambiant et du milieu d'immersion, s'il y en a, doit être comprise entre 10 °C et 40 °C pendant tous les essais.

19. Classement des essais

Les essais ayant pour but de vérifier les qualités diélectriques, thermiques et mécaniques des traversées comprennent:

19.1 Essais de type

- 19.1.1 L'essai de tenue sous tension à fréquence industrielle sous pluie (voir article 21).
- 19.1.2 L'essai de tenue à la tension de choc de foudre à sec (voir article 22).
- 19.1.3 L'essai de tenue à la tension de choc de manœuvre à sec ou sous pluie (voir article 23).
- 19.1.4 L'essai de stabilité thermique (voir article 24).
- 19.1.5 L'essai d'échauffement (voir article 25).
- 19.1.6 L'essai de tenue au courant thermique de courte durée (voir article 26).
- 19.1.7 L'essai de tenue au courant dynamique (voir article 27).
- 19.1.8 L'essai de tenue à la flexion (voir article 28).
- 19.1.9 L'essai d'étanchéité sur des traversées à remplissage de liquide et à isolation liquide (voir article 29).

19.2 Essais individuels

- 19.2.1 La mesure du facteur de dissipation diélectrique $\text{tg } \delta$ et de la capacité à la température ambiante (voir article 30) (sauf lorsque cet essai n'est applicable qu'à quelques traversées de la même fourniture).
- 19.2.2 L'essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec (voir article 31).
- 19.2.3 La mesure de l'intensité des décharges partielles (voir article 32).
- 19.2.4 Les essais de l'isolement des prises (voir article 33).
- 19.2.5 L'essai de pression sur des traversées à remplissage de gaz et à isolation gazeuse (voir article 34).
- 19.2.6 L'essai d'étanchéité sur des traversées à remplissage de liquide et à isolation liquide (voir article 35).
- 19.2.7 L'essai d'étanchéité sur des traversées à remplissage de gaz, et immergées dans un gaz (voir article 36).
- 19.2.8 L'essai d'étanchéité à la bride ou autre dispositif de fixation (voir article 37).

Notes 1. — L'ordre à suivre pour effectuer les essais ou la combinaison éventuelle des essais est à la discrétion du fournisseur, sauf accord contraire entre fournisseur et acheteur.

Il convient que la traversée ait donné satisfaction aux essais individuels avant que les essais de type, comprenant les essais thermiques et mécaniques, soient effectués.

- 2. — Si, à la demande de l'acheteur, des essais de tenue à la tension de choc de foudre ou de manœuvre sont effectués comme essais individuels pour vérifier l'isolement intérieur des traversées, on appliquera seulement trois chocs de polarité négative.

Marks on cast resin bushings shall be a matter for agreement between supplier and purchaser.

A definition of the terms “flashover” and “puncture” is given in IEC Publication 60-1.

Unless otherwise stated, during all tests the temperature of the ambient air and immersion media, if any, shall be between 10°C and 40°C.

19. Test classification

Tests to check dielectric, thermal and mechanical properties of bushings comprise:

19.1 Type tests

- 19.1.1 The wet power-frequency voltage withstand test (see Clause 21).
- 19.1.2 The dry lightning impulse voltage withstand test (see Clause 22).
- 19.1.3 The dry or wet switching impulse voltage withstand test (see Clause 23).
- 19.1.4 The thermal stability test (see Clause 24).
- 19.1.5 The temperature-rise test (see Clause 25).
- 19.1.6 The thermal short-time current withstand test (see Clause 26).
- 19.1.7 The dynamic current withstand test (see Clause 27).
- 19.1.8 The cantilever load withstand test (see Clause 28).
- 19.1.9 The tightness test on liquid-filled and liquid-insulated bushings (see Clause 29).

19.2 Routine tests

- 19.2.1 Measurement of the dielectric dissipation factor $\tan \delta$ and the capacitance at ambient temperature (see Clause 30) (except when the test is only applicable to some bushings of a particular consignment).
- 19.2.2 The dry power-frequency voltage withstand test (see Clause 31).
- 19.2.3 The measurement of the partial discharge quantity (see Clause 32).
- 19.2.4 Tests of the tap insulation (see Clause 33).
- 19.2.5 The pressure test of gas-filled and gas-insulated bushings (see Clauses 34).
- 19.2.6 The tightness test on liquid-filled and liquid-insulated bushings (see Clause 35).
- 19.2.7 The tightness test on gas-filled, gas-insulated and gas-immersed bushings (see Clause 36).
- 19.2.8 The tightness test at the flange or other fixing device (see Clause 37).

Notes 1. — The order or possible combination of the tests is at the discretion of the supplier unless otherwise agreed between supplier and purchaser.

The bushing should have passed the routine tests before any type test, including the thermal and mechanical ones, is carried out.

- 2. — If, at the request of the purchaser, lightning and/or switching impulse voltage withstand tests should be carried out as routine tests to check the internal insulation of the bushings, only three impulses of negative polarity shall be applied.

20. Etat des traversées lors des essais diélectriques et thermiques

Les essais diélectriques et thermiques ne doivent être effectués que sur des traversées complètes avec leurs brides ou autre dispositif de fixation et tous les accessoires dont elles sont munies en service, sans les éclateurs de protection, s'il y en a.

Les prises de mesure et de tension doivent être mises à la terre ou maintenues à un potentiel voisin de la terre.

Les traversées à remplissage de liquide et à isolation liquide conformes aux paragraphes 2.2 et 2.3 doivent être remplies au niveau normal de service et avec l'isolant liquide de la qualité spécifiée par le fournisseur.

Les traversées à remplissage de gaz et à isolation gazeuse conformes aux paragraphes 2.4 et 2.5 doivent être remplies avec le type de gaz spécifié par le fournisseur. La pression du gaz est portée à la densité minimale de fonctionnement du gaz isolant. La densité peut être exprimée au moyen de la valeur de la pression à la température de référence de 20°C. Si, au commencement de l'essai, la température est différente de 20°C, la pression doit être modifiée afin de correspondre à la densité spécifiée.

Les traversées conformes aux paragraphes 2.16, 2.17 et 2.18 doivent normalement être immergées dans un milieu d'immersion aussi voisin que possible de celui qui est employé en service normal, sauf que:

- pour les traversées dont le milieu d'immersion est un gaz, le milieu d'immersion peut être remplacé par de l'huile pour les essais diélectriques individuels, après accord entre fournisseur et acheteur.
- pour les traversées dont le milieu d'immersion n'est ni de l'huile ni du gaz, le milieu d'immersion peut être remplacé par de l'huile ou du gaz pour tous les essais diélectriques et thermiques, après accord entre fournisseur et acheteur.

On se conformera, pour les essais diélectriques et thermiques, aux conditions atmosphériques applicables, indiquées, dans la Publication 60-1 de la CEI, en considérant les traversées comme des intervalles pointe-plan.

Si les conditions atmosphériques réelles diffèrent de celles qui sont données dans la Publication 60-1 de la CEI, la correction doit être faite comme suit:

Articles	Essais	Corrections de la tension d'essai
21	Essai de tenue sous tension à fréquence industrielle sous pluie	Multiplier par k_d
22	Essai de tenue à la tension de choc de foudre à sec	Multiplier par k_d/k_h dans les conditions indiquées ci-dessous
23	Essai de tenue à la tension de choc de manœuvre à sec	Multiplier par k_d/k_h dans les conditions indiquées ci-dessous
23	Essai de tenue à la tension de choc de manœuvre sous pluie	Multiplier par k_d dans les conditions indiquées ci-dessous
24	Essai de stabilité thermique	Aucune
30	Mesure du facteur de dissipation diélectrique et de la capacité	Aucune
31	Essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec	Aucune
32	Mesure de l'intensité des décharges partielles	Aucune
33	Essais de l'isolement des prises	Aucune

20. Condition of the bushings during the dielectric and thermal tests

Dielectric and thermal tests shall be carried out only on bushings complete with their fixing flanges or other fixing devices and all accessories with which they will be fitted when in use but without protective arcing gaps, if any.

Test tapplings and voltage tapplings shall be either earthed or held near earth potential.

Liquid-filled and liquid-insulated bushings in accordance with Sub-clauses 2.2 and 2.3 shall be filled to the normal level with the insulating liquid of the quality specified by the suppliers.

Gas-filled and gas-insulated bushings in accordance with Sub-clauses 2.4 and 2.5 shall be filled with the type of gas specified by the supplier and raised to the minimum operating density of insulating gas. The density may be expressed as the pressure at the reference temperature of 20°C. If, at the beginning of the test, the temperature differs from 20°C, the pressure shall be adjusted to correspond with the required density.

Bushings according to Sub-clauses 2.16, 2.17 and 2.18 shall normally be immersed in an immersion medium which is as similar as possible to that used in normal operation, except that:

- for bushings for which the immersion medium is gas the immersion medium may be replaced by oil for the dielectric routine tests, by agreement between supplier and purchaser.
- for bushings of which the immersion medium is neither oil nor gas the immersion medium may be replaced by oil or gas for all dielectric and thermal tests, by agreement between supplier and purchaser.

The applicable atmospheric conditions for dielectric and thermal tests are given in IEC Publication 60-1, where for bushings the electrode form of the rod-plane gap type is valid.

If the actual atmospheric conditions deviate from the values given in IEC Publication 60-1, correction shall be made as follows:

Clause	Test	Correction of the test voltage
21	Wet power-frequency voltage withstand test	Multiply by k_d
22	Dry lightning impulse voltage withstand test	Multiply by k_d/k_h in the conditions indicated below
23	Dry switching impulse voltage withstand test	Multiply by k_d/k_h in the conditions indicated below
23	Wet switching impulse voltage withstand test	Multiply by k_d in the conditions indicated below
24	Thermal stability test	None
30	Measurement of the dielectric dissipation factor and capacitance	None
31	Dry power-frequency voltage withstand test	None
32	Measurement of the partial discharge quantity	None
33	Tests of the tap insulation	None

Dans le cas des essais au choc, si les corrections conduisent à une tension d'essai inférieure à la valeur spécifiée, les corrections ne sont applicables que pour la polarité correspondant à la tenue extérieure la plus critique, alors que l'essai est fait au minimum à la pleine tension pour la polarité opposée.

Lorsque le facteur de correction est supérieur à 1, la correction s'applique aux deux polarités, mais si ce facteur dépasse 1,05, le fournisseur et l'acheteur doivent se mettre d'accord pour décider si l'essai doit être poursuivi ou non.

Notes 1. — Etant donné que les essais diélectriques individuels (voir paragraphe 19.2) n'ont pour but que la vérification de l'isolation intérieure, il est autorisé, pendant ces essais, d'ajouter des écrans autour des pièces métalliques extérieures de la traversée.

2. — La disposition de la traversée, lors des essais, est normalement telle qu'il existe une distance suffisante aux pièces mises à la terre afin d'éviter des contournements directs dans l'air ou dans le milieu d'immersion.
3. — Les traversées pour transformateurs sont normalement essayées en position verticale; il convient que d'autres dispositions d'essai fassent l'objet d'un accord entre fournisseur et acheteur.
4. — Pour l'essai de tenue sous tension à fréquence industrielle sous pluie, l'angle de montage de la traversée fera l'objet d'un accord spécial entre fournisseur et acheteur. Dans certains cas, il peut être nécessaire d'étendre la gamme de tension pour laquelle cet essai est applicable au-delà de la valeur indiquée à l'article 21.

A la demande de l'acheteur, le fournisseur doit donner tous les renseignements nécessaires concernant la traversée pour permettre la détermination des distances minimales aux pièces mises à la terre dans la disposition de service.

L'acheteur peut utiliser la traversée pour l'essai d'une maquette afin de vérifier que la configuration utilisée en service est appropriée.

Sur demande, le fournisseur devra accepter d'effectuer un tel essai de maquette, éventuellement en l'associant aux essais de type de la traversée elle-même.

SECTION SEPT — ESSAIS DE TYPE

Avant et après l'ensemble des essais de type, on doit effectuer les mesures de $\text{tg } \delta$ et de la capacité (voir article 30) et de l'intensité des décharges partielles (voir article 32), pour contrôler l'apparition éventuelle d'une perforation ou d'une autre détérioration notable.

21. Essai de tenue sous tension à fréquence industrielle sous pluie

L'essai est applicable aux traversées conformes aux paragraphes 2.14, 2.15 et 2.17, dont U_N est inférieure à 300 kV.

La durée de l'essai est de 60 s.

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai s'il ne se produit ni contournement, ni perforation. S'il se produit une perforation, la traversée doit être considérée comme n'ayant pas satisfait à l'essai. S'il se produit un contournement, l'essai doit être répété une seule fois. Si, au cours de la répétition, il ne se produit ni contournement, ni perforation, la traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai.

22. Essai de tenue à la tension de choc de foudre à sec

L'essai est applicable à tous les types de traversées.

Quinze chocs pleins positifs, suivis de 15 chocs pleins négatifs de la forme normalisée 1,2/50 μs doivent être appliqués à la traversée.

In the case of impulse tests when the correction leads to a test voltage value lower than that specified, such correction shall be made on the polarity for which the external withstand voltage is the most critical one, whereas the opposite polarity shall be applied with at least the full voltage value.

When the correction factor is higher than 1, the correction applies to both polarities but if the correction factor is higher than 1.05 the purchaser and supplier shall agree as to whether the test shall or shall not be continued.

Notes 1. — As the dielectric routine tests (see Sub-clause 19.2) are intended to check the internal insulation only, it is permissible practice to screen the external metal parts of the bushing during these tests.

2. — A bushing is normally tested in an arrangement having sufficient clearance to surrounding earthed parts to avoid direct flashover to them through the ambient air or the immersion medium.
3. — Normally transformer bushings are tested in vertical position; other test arrangements should be agreed between supplier and purchaser.
4. — The angle of mounting of the bushing for the wet power-frequency voltage withstand test may be the subject of special agreement between supplier and purchaser. In certain cases, it may be necessary to extend the voltage range above that specified in Clause 21.

At the request of the purchaser, the supplier shall furnish any information concerning the bushing necessary for determining the minimum clearances to earthed parts in the operating arrangement.

The purchaser may use the bushing for a simulation test to prove the adequacy of the operating arrangement.

On request, the supplier should be willing to carry out such a simulation test, possibly in conjunction with the type test of the bushing itself.

SECTION SEVEN — TYPE TESTS

Before and after the series of type tests, measurements of $\tan \delta$ and capacitance (see Clause 30) and of partial discharge quantity (see Clause 32) shall be carried out in order to check whether a puncture or other significant damage has occurred.

21. Wet power-frequency voltage withstand test

The test is applicable to bushings according to Sub-clauses 2.14, 2.15 and 2.17 and of which U_N is below 300 kV.

The test duration is 60 s.

The bushing shall be considered to have passed the test if no flashover or puncture occurs. If there is a puncture, the bushing shall be considered to have failed the test. If a flashover occurs, the test shall be repeated once only. If during the repetition of the test no flashover or puncture occurs, the bushing shall be considered to have passed the test.

22. Dry lightning impulse voltage withstand test

The test is applicable to all types of bushings.

The bushing shall be subjected to 15 full wave impulses of positive polarity followed by 15 full wave impulses of negative polarity of the standard waveform 1.2/50 μ s.

Il est admissible, après avoir changé la polarité, d'appliquer quelques chocs de faible amplitude avant l'application des chocs d'essai.

Les intervalles de temps entre les applications successives de la tension doivent être suffisamment importants pour éviter l'influence d'une application de tension précédente.

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai, s'il ne se produit aucune perforation pour les deux polarités et si le nombre de contournements, pour chacune des polarités, ne dépasse pas deux, sauf dans le cas de traversées de transformateurs pour lesquelles on admet deux contournements en polarité positive et un seul contournement en polarité négative.

Notes 1. — Des enregistrements de la tension de choc sont normalement effectués. L'enregistrement des courants de choc peut également être fait.

2. — Par accord spécial entre fournisseur et acheteur, un essai au choc coupé peut être effectué. Dans ce cas, la méthode d'essai fera l'objet d'un accord entre fournisseur et acheteur.

23. Essai de tenue à la tension de choc de manœuvre à sec ou sous pluie

L'essai sous pluie, et lui seul, est applicable à toutes les traversées d'extérieur dont U_N est supérieure ou égale à 300 kV.

L'essai à sec, et lui seul, est applicable aux traversées qui ne sont pas des traversées d'extérieur et aux traversées complètement immergées, dont U_N est supérieure ou égale à 300 kV.

Quinze chocs positifs, suivis de 15 chocs négatifs de la forme normalisée 250/2 500 μ s doivent être appliqués à la traversée.

Il est admissible, après avoir changé la polarité, d'appliquer quelques chocs de faible amplitude avant l'application des chocs d'essai.

Les intervalles de temps entre les applications successives de la tension doivent être suffisamment importants pour éviter l'influence d'une application de tension précédente.

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai s'il ne se produit aucune perforation pour les deux polarités et si le nombre de contournements, pour chacune des polarités, ne dépasse pas deux, sauf dans le cas de traversées de transformateurs pour lesquelles on admet deux contournements en polarité positive et un seul contournement en polarité négative.

Notes 1. — Des enregistrements de la tension de choc sont normalement effectués. L'enregistrement des courants de choc est à l'étude.

2. — A la demande de l'acheteur, cet essai peut aussi être effectué dans le cas de traversées de transformateurs, dont U_N est inférieure à 300 kV, si la spécification du transformateur rend opportun un tel essai.

24. Essai de stabilité thermique

L'essai est applicable aux traversées conformes aux paragraphes 2.16, 2.17 et 2.18, dont l'isolation principale est assurée par un matériau organique, destinées aux appareils remplis d'un milieu isolant dont la température de service est égale ou supérieure à 60 °C et dont U_N est supérieure à 300 kV pour les traversées en papier imprégné d'huile ou de résine et égale ou supérieure à 145 kV pour les autres types de matériaux.

L'essai peut, cependant, être supprimé pour les traversées en papier imprégné d'huile dont U_N est supérieure à 300 kV, s'il peut être démontré, à partir des résultats d'essais comparables, que la stabilité thermique de la traversée est assurée.

Les extrémités des traversées qui sont destinées à l'immersion dans l'huile ou dans un autre milieu liquide isolant seront immergées dans l'huile.

It is permissible after changing polarity to apply some impulses of minor amplitude before the application of the test impulses.

The time intervals between consecutive applications of the voltage shall be sufficient to avoid effects from the previous application of voltage.

The bushing shall be considered to have passed the test if no puncture occurs at either polarity and if the number of flashovers at either polarity does not exceed two, except for transformer bushings for which not more than two flashovers at positive polarity and one flashover at negative polarity are permitted.

Notes 1. — Impulse voltage records are normally made. Impulse current records may also be made.

2. — By special agreement between supplier and purchaser a chopped wave impulse test may be carried out. In such cases the method of the test should be agreed between supplier and purchaser.

23. Dry or wet switching impulse voltage withstand test

A wet test only is applicable to all outdoor bushings of U_N greater than or equal to 300 kV.

A dry test only is applicable to non-outdoor bushings and completely immersed bushings of U_N greater than or equal to 300 kV.

The bushing shall be subjected to 15 impulses of positive polarity followed by 15 impulses of negative polarity of the standard waveform 250/2 500 μ s.

It is permissible after changing polarity to apply some impulses of minor amplitude before the application of the test impulses.

The time intervals between consecutive applications of the voltage shall be sufficient to avoid effects from the previous application of voltage.

The bushing shall be considered to have passed the test if no puncture occurs at either polarity and if the number of flashovers at either polarity does not exceed two, except for transformer bushings for which not more than two flashovers at positive polarity and one flashover at negative polarity are permitted.

Notes 1. — Impulse voltage records are normally made. Impulse current records are under consideration.

2. — At the request of the purchaser, this test shall also be carried out on transformer bushings of U_N below 300 kV when the specification of the transformer makes such tests advisable.

24. Thermal stability test

The test is applicable to bushings according to Sub-clauses 2.16, 2.17 and 2.18, the major insulation of which consists of an organic material, intended for apparatus filled with an insulating medium the operating temperature of which is equal to or above 60 °C and of which U_N is greater than 300 kV for oil- and resin-impregnated paper bushings and equal to or greater than 145 kV for other types of bushings.

For the oil-impregnated paper bushings having U_N greater than 300 kV the test can however be omitted if it can be demonstrated that, based on results of comparative tests, the thermal stability of the bushing is assured.

The ends of bushings which are intended for immersion in oil or another liquid insulating medium shall be immersed in oil.

La température de l'huile doit être maintenue à la température de service de l'appareil ± 2 K, sauf dans le cas des traversées de transformateur où la température de l'huile doit être de 90 ± 2 °C. Cette température doit être mesurée au moyen de thermomètres immergés dans l'huile à environ 3 cm au-dessous de la surface et à environ 30 cm de la traversée.

Les pertes du conducteur seront reproduites par des moyens appropriés sauf dans le cas où ces pertes, correspondant à I_N , sont inférieures à 20% des pertes diélectriques, ou dans le cas où le constructeur peut démontrer, à partir des résultats d'essais comparables, que les pertes dans le conducteur n'augmentent pas sensiblement la température de l'isolation principale.

La tension d'essai doit être égale à U_N pour les traversées dont U_N est égale ou inférieure à 170 kV, et égale à $0,7 U_N$ pour toutes les autres traversées.

L'essai ne sera commencé que lorsque l'équilibre thermique aura été atteint entre l'huile et la traversée.

Pendant l'essai, le facteur de dissipation diélectrique doit être mesuré fréquemment et la température de l'air ambiant doit être relevée à chaque mesure.

La traversée a atteint sa stabilité thermique lorsque son facteur de dissipation diélectrique ne montre aucune tendance à l'accroissement, compte tenu de la température ambiante, pendant 5 h.

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai si elle a atteint sa stabilité thermique et si elle a donné satisfaction lors d'une répétition de tous les essais diélectriques individuels, sans écart important par rapport aux résultats précédents.

Note. — Si la traversée ne peut pas être essayée selon cet article, il convient que la procédure d'essai soit décidée par accord entre fournisseur et acheteur.

25. Essai d'échauffement

25.1 Généralités

L'essai est applicable à tous les types de traversées, sauf s'il peut être démontré, à l'aide d'un calcul fondé sur un essai comparatif, que les limites de température spécifiées seront respectées.

L'essai n'est pas applicable aux traversées conformes au paragraphe 2.9 en cas de livraison sans conducteur.

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai si les limites admissibles d'échauffement spécifiées à l'article 10 sont respectées, et si aucun indice visible de détérioration n'est constaté.

25.2 Procédure d'essai

Les traversées dont une ou les deux extrémités sont destinées à l'immersion dans l'huile ou dans un autre liquide isolant seront immergées de façon appropriée dans de l'huile; la température de l'huile doit être la température ambiante, sauf dans le cas de traversées de transformateur où l'huile sera maintenue à une température de 60 ± 2 °C au-dessus de la température de l'air ambiant. Le niveau de l'huile doit être spécifié par l'acheteur en fonction des conditions de service.

Les extrémités des traversées qui sont destinées à l'immersion dans un milieu isolant gazeux autre que l'air à la pression atmosphérique seront normalement immergées de façon appropriée dans le gaz à la densité minimale de fonctionnement, le gaz étant à la température de l'air ambiant au commencement de l'essai.

The temperature of the oil shall be maintained at the operating temperature of the apparatus ± 2 K, except for transformer bushings where the oil temperature shall be $90 \pm 2^\circ\text{C}$. This temperature shall be measured by means of thermometers immersed in oil about 3 cm below the surface and about 30 cm from the bushing.

The conductor losses shall be simulated by appropriate means unless the conductor losses corresponding to I_N are lower than 20% of the dielectric losses or when the manufacturer can demonstrate that, based on results of comparative tests, the conductor losses do not substantially increase the temperature of the main insulation.

The test voltage shall be equal to U_N for bushings of which U_N is equal to or below 170 kV and $0.7 U_N$ for all other bushings.

The test shall not be started until thermal equilibrium between the oil and the bushing has been reached.

During the test the dielectric dissipation factor shall be measured frequently and the ambient air temperature shall be recorded at each measurement.

The bushing has reached thermal stability when its dielectric dissipation factor shows no appreciable rising tendency, with respect to the ambient air temperature, for a period of 5 h.

The bushing shall be considered to have successfully passed the test if it has reached thermal stability and if it has withstood a repetition of all dielectric routine tests without significant change from the previous results.

Note. — If the bushing cannot be tested according to this clause the test procedure shall be agreed upon between supplier and purchaser.

25. Temperature-rise test

25.1 General

The test is applicable to bushings of all types unless it can be demonstrated by a calculation based on comparative tests that the specified temperature limits will be complied with.

The test is not applicable to bushings according to Sub-clause 2.9 if delivered without conductor

The bushing shall be considered to have passed the test if the permissible temperature-rise limits in accordance with Clause 10 are met and if there is no visible evidence of damage.

25.2 Test procedure

Bushings one or both ends of which are intended to be immersed in oil or another liquid insulating medium shall be appropriately immersed in oil at ambient temperature, except for transformer bushings where the oil shall be maintained at a temperature of $60 \pm 2^\circ\text{C}$ above the ambient air. The level of the oil shall be specified by the purchaser according to the operating conditions.

The ends of bushings which are intended for immersion in a gaseous insulating medium other than air at atmospheric pressure shall normally be appropriately immersed in gas at minimum operating density, the gas being at ambient temperature at the beginning of the test.

Les traversées à isolation gazeuse seront à la température de l'air ambiant au commencement de l'essai.

L'essai est effectué à $I_N \pm 2\%$, tous les éléments de la traversée étant pratiquement au potentiel de la terre.

Les traversées avec conducteur introduit dans le tube central doivent être montées avec un conducteur approprié dont la section correspond à I_N .

Le niveau d'huile dans le tube central correspondra aux conditions de service (voir paragraphe 13.5.8).

Les connexions externes temporaires utilisées pour l'essai doivent avoir des dimensions telles qu'elles ne contribuent pas indûment au refroidissement ni à l'échauffement de la traversée soumise à l'essai. Ces conditions sont considérées comme remplies si la différence entre la température du raccord de la traversée et celle du point situé à 0,5 m de distance sur la connexion ne dépasse pas 2 K.

L'essai doit être poursuivi jusqu'à ce que l'échauffement reste pratiquement constant. Ces conditions sont considérées comme remplies si la température ne varie pas de plus de ± 2 K pendant 2 h.

25.3 Mesure de la température

25.3.1 Température des pièces métalliques

La température du point le plus chaud des pièces métalliques de la traversée doit être mesurée au moyen de thermocouples ou de dispositifs de mesure équivalents.

Un nombre approprié de dispositifs de mesure sera autant que possible placé le long du conducteur de la traversée, du tube central et des autres parties de transport de courant, et éventuellement sur la bride ou autre dispositif de fixation, de manière à déterminer le point le plus chaud des pièces métalliques de la traversée en contact avec le matériel isolant, avec une précision raisonnable.

Afin d'éviter la destruction de l'isolation dans le cas de traversées ayant le conducteur enrobé dans le matériel d'isolation, la température du point le plus chaud peut être déterminée de la manière suivante.

La température maximale du conducteur θ_M se calcule par les relations (1) et (2):

$$\theta_M = \frac{\left[3 \frac{R_c}{R_A} \left(\frac{1}{a} + \theta_A \right) - \frac{3}{a} - \theta_1 - \theta_2 \right]^2 - \left[\theta_1 \times \theta_2 \right]}{3 \times \left[\frac{2 R_c}{R_A} \left(\frac{1}{a} + \theta_A \right) - \frac{2}{a} - \theta_1 - \theta_2 \right]} \quad (1)$$

$$M = \left[3 \frac{R_c}{R_A} \left(\frac{1}{a} + \theta_A \right) - \frac{3}{a} - \theta_1 - \theta_2 \right] - \theta_M \quad (2)$$

Si le résultat M de la relation (2) est positif, la température maximale du conducteur est θ_M et le point correspondant est situé entre les deux extrémités. Si le résultat M est négatif ou nul, la température maximale du conducteur est θ_2 .

Gas-insulated bushings shall be at ambient air temperature at the beginning of the test.

The test shall be carried out at $I_N \pm 2\%$, all parts of the bushing being substantially at earth potential.

Bushings with a conductor drawn into the central tube shall be assembled with an appropriate conductor, the cross-section of which shall conform with I_N .

The oil level in the central tube shall correspond to the operating conditions (see Sub-clause 13.5.8).

Temporary external connections used for this test shall be of such dimensions that they do not contribute unduly to the cooling or the heating of the bushing under test. These conditions are assumed to be fulfilled if the temperature difference between the bushing termination and a point at 0.5 m distance along the connection does not exceed 2 K.

The test shall be continued until the temperature rise is sensibly constant. This is considered to be the case if the temperature does not vary more than ± 2 K during 2 h.

25.3 Measurement of temperature

25.3.1 Temperature of metal parts

The temperature of the hottest spot of metal parts of the bushing shall be measured by means of thermocouples or equivalent devices.

An appropriate number of measuring devices shall as far as possible be placed along the bushing conductor, central tube and other current-carrying parts, as well as possibly on the flange or other fixing device, so as to determine the hottest spot of the bushing metal parts in contact with insulating material with reasonable accuracy.

To avoid destruction of the insulation in the case of bushings with the conductor embedded in the insulation material, the temperature of the hottest spot may be determined as follows:

The maximum conductor temperature θ_M is deduced by the relations (1) and (2):

$$\theta_M = \frac{\left[3 \frac{R_c}{R_A} \left(\frac{1}{a} + \theta_A \right) - \frac{3}{a} - \theta_1 - \theta_2 \right]^2 - \left[\theta_1 \times \theta_2 \right]}{3 \times \left[\frac{2 R_c}{R_A} \left(\frac{1}{a} + \theta_A \right) - \frac{2}{a} - \theta_1 - \theta_2 \right]} \quad (1)$$

$$M = \left[3 \frac{R_c}{R_A} \left(\frac{1}{a} + \theta_A \right) - \frac{3}{a} - \theta_1 - \theta_2 \right] - \theta_M \quad (2)$$

If the result M of the relation (2) is positive, the higher temperature of the conductor is θ_M and it is situated in any point on the conductor between the two extremities. If the result M is negative or zero, the higher temperature of the conductor is θ_2 .

Le point où existe la température maximale du conducteur se trouve à une distance L_M de l'extrémité la moins chaude.

$$L_M = \frac{L}{1 \pm \sqrt{\frac{\theta_M - \theta_2}{\theta_M - \theta_1}}} \quad (3)$$

où:

- θ_M = température maximale du conducteur, en degrés Celsius
- R_A = résistance entre les extrémités du conducteur à la température uniforme θ_A
- R_c = résistance du conducteur parcouru par I_N après stabilisation de la température
- a = coefficient de température de la résistance pour la température à laquelle la résistance R_A est mesurée
- θ_A = température de référence uniforme du conducteur, en degrés Celsius
- θ_1 = température mesurée à l'extrémité la moins chaude du conducteur, en degrés Celsius
- θ_2 = température mesurée à l'extrémité la plus chaude du conducteur en degrés Celsius
- L = longueur du conducteur
- L_M = distance de l'extrémité la moins chaude du conducteur au point de température la plus élevée

25.3.2 Température de l'air ambiant

La température de l'air ambiant est mesurée au moyen de thermomètres à inertie, placés autour de la traversée, à mi-hauteur et à une distance de 1 m à 2 m de la traversée.

Note. — Un degré satisfaisant d'inertie est obtenu en plaçant les thermomètres dans des récipients contenant approximativement 0,5 l d'huile.

25.3.3 Température de l'huile ou du gaz

La température de l'huile ou du gaz est mesurée au moyen de thermomètres placés à une distance de 30 cm de la traversée et, dans le cas de l'huile, à 3 cm en dessous de la surface de l'huile.

26. Essai de tenue au courant thermique de courte durée

Sauf accord contraire entre fournisseur et acheteur, l'aptitude de la traversée à supporter la valeur normale de I_{th} est démontrée par le calcul suivant:

$$\theta_f = \theta_o + a \frac{I_{th}^2}{S_t S_e} \times t_{th}$$

où:

- θ_f = température finale du conducteur en degrés Celsius
- θ_o = température du conducteur, en degrés Celsius, en service continu au courant assigné à une température de l'air ambiant de 40°C
- a = 0,8 (K/s)/(kA/cm²)² pour le cuivre
1,8 (K/s)/(kA/cm²)² pour l'aluminium
- I_{th} = valeur normale spécifiée ci-dessus, en kiloampères
- S_t = section totale du conducteur correspondant à I_N , en centimètres carrés
- S_e = section équivalente tenant compte de l'effet de peau
- t_{th} = durée assignée telle qu'elle est spécifiée ci-dessus, en secondes

La traversée doit être considérée comme capable de supporter la valeur normale de I_{th} si θ_f ne dépasse pas 180°C.

Si la température calculée dépasse cette limite ou si l'aptitude de la traversée à supporter la valeur normale de I_{th} doit être démontrée par un essai, l'essai doit être effectué comme suit:

- la traversée est installée comme indiqué à la figure 1, page 60;
- le conducteur, dont la section est adaptée au courant assigné I_N , doit être parcouru par un courant au moins égal à la valeur normale de I_{th} et d'une durée t_{th} conforme à l'article 5.

The point of maximum conductor temperature lies at a distance L_M from the cooler end.

$$L_M = \frac{L}{1 \pm \sqrt{\frac{\theta_M - \theta_2}{\theta_M - \theta_1}}} \quad (3)$$

where:

- θ_M = maximum temperature of conductor, in degrees Celsius
 R_A = resistance between the ends of the conductor at uniform temperature θ_A
 R_C = resistance of conductor carrying I_N after stabilization of temperature
 a = temperature coefficient of resistance at which conductor resistance R_A is measured
 θ_A = uniform reference temperature of conductor, in degrees Celsius
 θ_1 = measured temperature at cooler end of conductor, in degrees Celsius
 θ_2 = measured temperature at hotter end of conductor, in degrees Celsius
 L = length of conductor
 L_M = distance from cooler end of conductor to point of highest temperature

25.3.2 Temperature of ambient air

The ambient air temperature shall be measured with lagged thermometers placed around the bushing at mid-height and at a distance of 1 m to 2 m from it.

Note. — A satisfactory degree of lagging is obtained by placing the thermometers in oil-filled containers with a volume of approximately 0.5 l.

25.3.3 Temperature of the oil or gas

The temperature of the oil or gas shall be measured by means of thermometers placed at a distance of 30 cm from the bushing and, in the case of oil, 3 cm below the surface of the oil.

26. Thermal short-time current withstand test

Unless otherwise agreed between supplier and purchaser the ability of the bushing to withstand the standard value of I_{th} shall be demonstrated by the following calculation:

$$\theta_f = \theta_o + a \frac{I_{th}^2}{S_t S_e} \times t_{th}$$

where:

- θ_f = final temperature of the conductor, in degrees Celsius
 θ_o = temperature of the conductor in degrees Celsius, under continuous operation with I_N at an ambient temperature of 40°C
 a = 0.8 (K/s)/(kA/cm²)² for copper
 1.8 (K/s)/(kA/cm²)² for aluminium
 I_{th} = standard value as specified above, in kiloamperes
 S_t = total cross-section in square centimetres corresponding to I_N
 S_e = equivalent cross-section taking account of skin effect
 t_{th} = rated duration as specified above, in seconds

The bushing shall be considered to be able to withstand the standard value of I_{th} if θ_f does not exceed 180°C.

If the calculated temperature exceeds this limit or if the ability of the bushing to withstand the standard value of I_{th} shall be demonstrated by a test, the test shall be carried out as follows:

- the bushing shall be installed as indicated in Figure 1, page 60;
- a current of at least the standard value of I_{th} and of duration t_{th} in accordance with Clause 5 shall be passed through the conductor, the cross-section of which shall conform with the rated current I_N .

Avant l'essai, la traversée doit être parcourue par un courant qui produit, après stabilisation, la même température du conducteur que le courant assigné à la température ambiante maximale.

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai si aucun indice visible de détérioration n'est constaté et si elle a donné satisfaction lors d'une répétition de tous les essais individuels, sans écart important par rapport aux résultats précédents.

Note. — Cet essai n'est pas applicable aux traversées conformes au paragraphe 2.9 en cas de livraison sans conducteur.

27. Essai de tenue au courant dynamique

L'expérience actuelle n'est pas suffisante pour spécifier une procédure d'essai qui tente de reproduire les contraintes que doit supporter une traversée de transformateur pendant les essais de court-circuit de ce dernier.

Notes 1. — Des efforts seront entrepris pour essayer d'élaborer prochainement une procédure d'essai qui pourra garantir que les traversées de transformateurs sont capables de supporter, sans détérioration, les efforts mis en jeu lors d'un court-circuit sur le transformateur.

Pour les autres types de traversées, l'essai et sa procédure devront faire l'objet d'un accord entre fournisseur et acheteur.

2. — Cet essai peut être associé à l'essai de tenue au courant thermique de courte durée, à condition que la première crête importante du courant d'essai satisfasse aux prescriptions décrites aux articles 5 et 6.

28. Essai de tenue à la flexion

L'essai est applicable à tous les types de traversées.

Les valeurs d'essai sont celles qui sont indiquées à l'article 7.

La traversée doit être montée entièrement et, s'il y a lieu, remplie du milieu isolant spécifié. Sauf indication contraire, la traversée est installée en position verticale et sa bride est maintenue fermement par un dispositif adéquat. Une pression de $1 \pm 0,1$ bar au-dessus de la pression maximale de service doit être créée à l'intérieur de la traversée et également à l'intérieur du tube central dans le cas d'une traversée avec une tige creuse ayant un joint du côté de l'extrémité essayée.

La charge doit être appliquée pendant 60 s perpendiculairement à l'axe de la traversée, au milieu du raccord. Elle ne doit être appliquée qu'à une des extrémités à la fois. En général, il suffit de procéder à l'essai sur l'extrémité qui provoque la contrainte la plus forte aux endroits critiques de la traversée en service normal.

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai si aucun indice visible de détérioration (déformation, rupture, fuite) n'est constaté et si elle a donné satisfaction lors d'une répétition de tous les essais individuels, sans écart important par rapport aux résultats précédents.

29. Essai d'étanchéité sur des traversées à remplissage de liquide et à isolation liquide

L'essai est applicable à toutes les traversées conformes aux paragraphes 2.2 et 2.3, excepté les traversées dont le liquide de remplissage a une viscosité égale ou supérieure à $5 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, à 20°C.

Before the test, the bushing shall carry a current which produces the same stable conductor temperature as the rated current at maximum ambient temperature.

The bushing shall be considered to have passed the test if there is no visual evidence of damage and if it has withstood a repetition of all routine tests without significant change from the previous results.

Note. — This test is not applicable to bushings according to Sub-clause 2.9 if delivered without conductors.

27. Dynamic current withstand test

At the present time there is insufficient experience to allow the formulation of a test which will simulate the stresses encountered by a bushing during a transformer short-circuit test.

Notes 1. — Attempts will be made in the near future to try to agree on the modality of a test which can provide sufficient guarantee that a transformer bushing will withstand, without damage, the stresses involved during a short-circuit of a transformer.

For other types of bushing the test and its modalities should be agreed between supplier and purchaser.

2. — This test can be combined with the thermal short-time current withstand test, provided that the first major current peak during this test fulfils the requirements specified in Clauses 5 and 6.

28. Cantilever load withstand test

This test is applicable to bushings of all types.

The test values shall be in accordance with Clause 7.

The bushing shall be completely assembled and, if applicable, filled with the insulating medium specified. Unless otherwise stated, the bushing shall be installed vertically and its flange rigidly fixed to a suitable device. A pressure equal to 1 ± 0.1 bar above the maximum operating pressure shall be applied inside the bushing and also inside the central tube in the case of a bushing with a hollow stem with a gasketed joint at the terminal to be tested.

The load shall be applied perpendicularly to the axis of the bushing at the mid-point of the terminal for 60 s. It shall be applied only to one terminal at a time. It is generally sufficient to apply the load only to the terminal which will cause the highest stresses at the critical parts of the bushing in normal operation.

The bushing shall be considered to have passed the test if there is no evidence of damage (deformation, rupture or leakage) and if it has withstood a repetition of all routine tests without significant change from previous test results.

29. Tightness test on liquid-filled and liquid-insulated bushings

The test is applicable to all bushings according to Sub-clauses 2.2 and 2.3, except those bushings of which the liquid filling has a viscosity equal to or above 5×10^{-4} m²/s, at 20 °C.

La traversée doit être montée comme pour un usage normal, remplie du liquide spécifié et placée dans une enceinte convenablement chauffée, maintenue à une température de 75°C pendant 12 h.

Une pression minimale de $1 \pm 0,1$ bar au-dessus de la pression maximale de service doit être maintenue à l'intérieur de la traversée pendant l'essai.

La traversée sera considérée comme ayant satisfait à l'essai si aucune fuite du liquide de remplissage n'est constatée.

SECTION HUIT — ESSAIS INDIVIDUELS

30. Mesure du facteur de dissipation diélectrique ($\text{tg } \delta$) et de la capacité à la température ambiante

La mesure n'est applicable qu'aux traversées conformes aux paragraphes 2.10, 2.11 et 2.12.

Note. — Cet essai n'est pas applicable comme essai individuel aux traversées sans répartition capacitive, dont la tension assignée est inférieure à 52 kV, et n'est effectuée que par accord entre fournisseur et acheteur.

Pendant cet essai, le conducteur de la traversée n'est parcouru par aucun courant. Les mesures doivent être effectuées à une température ambiante de $20 \pm 10^\circ\text{C}$.

30.1 Mesure du facteur de dissipation diélectrique ($\text{tg } \delta$)

Les mesures du facteur de dissipation diélectrique ($\text{tg } \delta$) doivent être faites, en fonction de la tension, au pont de Schering ou par une autre méthode équivalente. La mesure de $\text{tg } \delta$ doit être faite au moins à :

- pour les traversées dont $U_N \leq 36$ kV:
 $1,05 U_N / \sqrt{3}$ ($= 0,6 U_N$ approximativement);
- pour les traversées dont $U_N \geq 52$ kV:
 $0,5 - 1,05 - 1,5 U_N / \sqrt{3}$ ($= 0,3 - 0,6 - 0,85 U_N$ approximativement).

Note. — Il est recommandé d'effectuer également une mesure à une tension comprise entre 2,5 kV et 10 kV pour obtenir une valeur de référence pour des mesures effectuées ultérieurement lorsque la traversée sera en service.

30.2 Valeurs maximales de $\text{tg } \delta$

Les valeurs maximales de $\text{tg } \delta$, mesurées à $1,05 U_N / \sqrt{3}$ sont les suivantes:

30.2.1 Traversées à répartition capacitive:

- en papier imprégné d'huile 0,007
- en papier enduit de résine 0,015
- en papier imprégné de résine 0,015
- en résine coulée 0,015
- à isolation gazeuse 0,010
- à isolation composite et autres voir note.

30.2.2 Traversées sans répartition capacitive:

- en résine coulée 0,02
- à isolation composite et autres voir note.

Note. — Le fournisseur indiquera les valeurs maximales de $\text{tg } \delta$ pour les traversées à isolation composite et autres.

The bushing shall be assembled as for normal service, filled with the liquid specified and placed in a suitably heated enclosure maintained at a temperature of 75°C for 12 h.

A minimum pressure of 1 ± 0.1 bar above the maximum operating pressure shall be maintained inside the bushing during the test.

The bushing shall be considered to have successfully passed the test if there is no evidence of leakage of the internal filling.

SECTION EIGHT — ROUTINE TESTS

30. Measurement of the dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) and the capacitance at ambient temperature

The measurement is only applicable to bushings according to Sub-clauses 2.10, 2.11 and 2.12.

Note. — This measurement is not applicable as a routine test to non-capacitance graded bushings of rated voltage below 52 kV, and is carried out only by agreement between supplier and purchaser.

During this test the bushing conductor shall not carry current. The measurement shall be made at an ambient temperature of $20 \pm 10^\circ\text{C}$.

30.1 Measurement of the dielectric dissipation factor ($\tan \delta$)

The measurement of the dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) shall be made as a function of voltage by means of a Schering bridge or other equivalent method. The measurement of $\tan \delta$ shall be made at least at:

- for bushings of $U_N < 36$ kV:
1.05 $U_N/\sqrt{3}$ (approximately 0.6 U_N),
- for bushings of $U_N \geq 52$ kV:
0.5 – 1.05 – 1.5 $U_N/\sqrt{3}$ (approximately 0.3 – 0.6 – 0.85 U_N).

Note. — It is recommended to carry out measurements at a voltage between 2.5 kV and 10 kV as a reference value for measurements carried out later when the bushing is in operation.

30.2 Maximum values of $\tan \delta$

The maximum values of $\tan \delta$, measured at 1.05 $U_N/\sqrt{3}$, are as follows:

30.2.1 Capacitance graded bushings:

- | | |
|---------------------------|-----------|
| — oil-impregnated paper | 0.007 |
| — resin-bonded paper | 0.015 |
| — resin-impregnated paper | 0.015 |
| — cast resin | 0.015 |
| — insulating gas | 0.010 |
| — composite and other | see note. |

30.2.2 Non-capacitance graded bushings:

- | | |
|-----------------------|-----------|
| — cast resin | 0.02 |
| — composite and other | see note. |

Note. — The supplier will indicate the maximum values of $\tan \delta$ for composite and other bushings.