

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
141-1**

Troisième édition
Third edition
1993-08

**Essais de câbles à huile fluide, à pression de gaz
et de leurs dispositifs accessoires –**

Partie 1:

Câbles au papier à huile fluide et à gaine métallique
et accessoires pour des tensions alternatives
inférieures ou égales à 400 kV

**Tests on oil-filled and gas-pressure
cables and their accessories –**

Part 1:

Oil-filled, paper-insulated, metal-sheathed
cables and accessories for alternating voltages
up to and including 400 kV



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 141-1: 1993

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

IEC publications prepared by the same technical committee

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
141-1**

Troisième édition
Third edition
1993-08

**Essais de câbles à huile fluide, à pression de gaz
et de leurs dispositifs accessoires –**

Partie 1:

Câbles au papier à huile fluide et à gaine métallique
et accessoires pour des tensions alternatives
inférieures ou égales à 400 kV

**Tests on oil-filled and gas-pressure
cables and their accessories –**

Part 1:

Oil-filled, paper-insulated, metal-sheathed
cables and accessories for alternating voltages
up to and including 400 kV

© CEI 1993 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 pro-
cédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et
les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

T

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
Articles	
SECTION 1: GÉNÉRALITÉS	
1.1 Domaine d'application	10
1.2 Références normatives	10
1.3 Définitions et symboles	12
1.4 Désignation de la tension	12
1.5 Conditions d'essais	14
1.6 Caractéristiques	14
1.7 Catégories et fréquence des essais	16
SECTION 2: ESSAIS INDIVIDUELS SUR LES Câbles	
2.1 Généralités	18
2.2 Mesure de la résistance des âmes conductrices	18
2.3 Mesure de la capacité	20
2.4 Mesure de l'angle de pertes diélectriques	20
2.5 Essai diélectrique	20
2.6 Essais de revêtements anticorrosion	20
SECTION 3: ESSAIS SPÉCIAUX SUR LES Câbles	
3.1 Mesures d'épaisseur	22
3.2 Essai mécanique	26
SECTION 4: ESSAIS DE TYPE SUR LES Câbles	
4.1 Généralités	30
4.2 Prescriptions d'essais	32
4.3 Essai de l'angle de pertes diélectriques/température	32
4.4 Essai diélectrique de sécurité	32
4.5 Essai de tension de choc	34
SECTION 5: ESSAIS INDIVIDUELS SUR ACCESSOIRES	
5.1 Généralités	36
5.2 Boîtes de jonctions et d'extrémités	36
5.3 Réservoirs de pression – Epreuve hydraulique	36
5.4 Manomètres	36
5.5 Manomètres avertisseurs	36

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
Clause	
SECTION 1: GENERAL	
1.1 Scope	11
1.2 Normative references	11
1.3 Definitions and symbols	13
1.4 Voltage designation	13
1.5 Test conditions	15
1.6 Characteristics	15
1.7 Categories and frequency of tests	17
SECTION 2: ROUTINE TESTS ON CABLES	
2.1 General	19
2.2 Conductor resistance test	19
2.3 Capacitance test	21
2.4 Dielectric loss angle test	21
2.5 High-voltage test	21
2.6 Test on corrosion-resistant coverings	21
SECTION 3: SPECIAL TESTS ON CABLES	
3.1 Measurements of thickness	23
3.2 Mechanical test	27
SECTION 4: TYPE TESTS ON CABLES	
4.1 General	31
4.2 Test requirements	33
4.3 Dielectric loss angle/temperature test	33
4.4 Dielectric security test	33
4.5 Lightning impulse voltage test	35
SECTION 5: ROUTINE TESTS ON ACCESSORIES	
5.1 General	37
5.2 Joint and sealing-end assemblies	37
5.3 Pressure tanks – Hydraulic test	37
5.4 Pressure gauges	37
5.5 Alarm pressure gauges	37

SECTION 6: ESSAIS SPÉCIAUX SUR ACCESSOIRES

6.1	Réservoirs de pression – Essai pression/volume	38
-----	--	----

SECTION 7: ESSAIS DE TYPE SUR ACCESSOIRES

7.1	Généralités	38
7.2	Prescription de l'essai	40
7.3	Essai de tension de choc.....	40
7.4	Essai diélectrique de sécurité	40

SECTION 8: ESSAIS APRÈS POSE

8.1	Généralités	40
8.2	Essais d'écoulement d'huile	40
8.3	Coefficient d'imprégnation	40
8.4	Essai diélectrique	40
8.5	Essais de revêtements anticorrosion	42

Tableaux

1	Prescriptions pour les mesures de l'angle de pertes diélectriques	42
2	Valeurs normales des tensions de réseaux et des tensions d'essais recommandées pour les câbles à utiliser dans les réseaux triphasés	44
Annexe A – Méthodes de chauffage des tronçons de câbles		46

SECTION 6: SPECIAL TESTS ON ACCESSORIES

6.1	Pressure tanks – Pressure/volume test	39
-----	---	----

SECTION 7: TYPE TESTS ON ACCESSORIES

7.1	General	39
7.2	Test requirement	41
7.3	Lightning impulse voltage test	41
7.4	Dielectric security test	41

SECTION 8: TESTS AFTER INSTALLATION

8.1	General	41
8.2	Oil-flow test	41
8.3	Impregnation coefficient	41
8.4	High-voltage test	41
8.5	Test on corrosion-resistant coverings	43

Tables

1	Dielectric loss angle test requirements	43
2	Standard values of system voltages and test voltages recommended for cables to be used in three-phase systems	45
Annex A – Methods of heating cable samples		47

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS DE CâBLES À HUILE FLUIDE, À PRESSION DE GAZ ET DE LEURS DISPOSITIFS ACCESSOIRES -

Partie 1: Câbles au papier à huile fluide et à gaine métallique et accessoires pour des tensions alternatives inférieures ou égales à 400 kV

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La Norme internationale CEI 141-1 a été établie par le sous-comité 20A: Câbles de haute tension, du comité d'études 20 de la CEI: Câbles électriques.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 1976, sa modification n° 1 (1990) et son amendement 2 (1990).

Le texte de cette norme est issu de la deuxième édition, de la modification n° 1, de l'amendement 2 et des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
20A(BC)150	20A(BC)160

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

TESTS ON OIL-FILLED AND GAS-PRESSURE CABLES AND THEIR ACCESSORIES -

Part 1: Oil-filled, paper-insulated, metal-sheathed cables and accessories for alternating voltages up to and including 400 kV

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.

International Standard IEC 141-1 has been prepared by sub-committee 20A: High-voltage cables, of IEC technical committee 20: Electric cables.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1976, amendment 1 (1990) and amendment 2 (1990).

The text of this standard is based on the second edition, amendment 1, amendment 2, and the following documents:

DIS	Report on voting
20A(CO)150	20A(CO)160

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

La CEI 141 est constituée des parties suivantes, regroupées sous le titre général *Essais de câbles à huile fluide, à pression de gaz et de leurs dispositifs accessoires*:

- Partie 1: 1993, *Câbles au papier à huile fluide et à gaine métallique et accessoires pour des tensions alternatives inférieures ou égales à 400 kV*
- Partie 2: 1963, *Câbles à pression de gaz interne et accessoires pour des tensions alternatives inférieures ou égales à 275 kV*
- Partie 3: 1963, *Câbles à pression de gaz externe (à compression de gaz) et accessoires pour des tensions alternatives inférieures ou égales à 275 kV*
- Partie 4: 1980, *Câbles à huile fluide en tuyau à isolation de papier imprégné sous forte pression d'huile et accessoires pour des tensions alternatives inférieures ou égales à 400 kV*

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

IEC 141 consists of the following parts, under the general title *Tests on oil-filled and gas-pressure cables and their accessories*:

- Part 1: 1993, *Oil-filled, paper-insulated, metal-sheathed cables and accessories for alternating voltages up to and including 400 kV*
- Part 2: 1963, *Internal gas-pressure cables and accessories for alternating voltages up to 275 kV*
- Part 3: 1963, *External gas-pressure (gas compression) cables and accessories for alternating voltages up to 275 kV*
- Part 4: 1980, *Oil-impregnated paper-insulated high-pressure oil-filled pipe-filled pipe-type cables and accessories for alternating voltages up to and including 400 kV*

Annex A forms an integral part of this standard.

ESSAIS DE CâBLES À HUILE FLUIDE, À PRESSION DE GAZ ET DE LEURS DISPOSITIFS ACCESSOIRES –

Partie 1: Câbles au papier à huile fluide et à gaine métallique et accessoires pour des tensions alternatives inférieures ou égales à 400 kV

SECTION 1: GÉNÉRALITÉS

1.1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 141 s'applique aux essais des câbles isolés au papier à remplissage d'huile, à champ radial, sous gaine métallique, et à leurs accessoires, qui fonctionnent sous une pression dont la valeur statique minimale est comprise entre 20 kPa (0,2 bar) et 300 kPa (3,0 bar), dont la valeur statique maximale ne dépasse pas 800 kPa (8,0 bar) et dont la pression transitoire minimale n'est pas inférieure à 20 kPa (0,2 bar). (Les pressions indiquées sont relatives, c'est-à-dire au-dessus de la pression atmosphérique.)

La présente partie s'applique également aux câbles et accessoires dont la pression statique maximale dépasse 800 kPa (8,0 bar), à l'exception des articles 3.2, 4.5 et 5.2 qui peuvent être modifiés en accord entre l'acheteur et le fabricant.

Les essais s'appliquent aux câbles et accessoires destinés à des réseaux dont la tension nominale ne dépasse pas 400 kV entre phases.

Pour les câbles fabriqués en grandes longueurs, l'application de cette norme doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

1.2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 141. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 141 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 71: *Coordination de l'isolement*

CEI 183: 1984, *Guide pour le choix des câbles à haute tension*

CEI 228: 1978, *Ames des câbles isolés*

CEI 229: 1982, *Essais sur les gaines extérieures des câbles, qui ont une fonction spéciale de protection et sont appliquées par extrusion*

CEI 230: 1966, *Essais de chocs des câbles et de leurs accessoires*

TESTS ON OIL-FILLED AND GAS-PRESSURE CABLES AND THEIR ACCESSORIES -

Part 1: Oil-filled, paper-insulated, metal-sheathed cables and accessories for alternating voltages up to and including 400 kV

SECTION 1: GENERAL

1.1 Scope

This part of IEC 141 applies to tests on radial field, oil-filled, paper-insulated metal-sheathed cables and their accessories, which operate with a minimum static pressure of between 20 kPa (0,2 bar) and 300 kPa (3,0 bar) inclusive, a maximum static pressure of not more than 800 kPa (8,0 bar) and a minimum transient pressure of not less than 20 kPa (0,2 bar). (The quoted pressures are above atmospheric pressure.)

This part is applicable also to cables and accessories with maximum static pressures exceeding 800 kPa (8,0 bar), except that clauses 3.2, 4.5 and 5.2 may be appropriately modified by agreement between the purchaser and the manufacturer.

The tests are applicable to cables and accessories intended to be used in systems with nominal voltages not exceeding 400 kV between phases.

For cables manufactured in long lengths, the application of this part is subject to agreement between the purchaser and the manufacturer.

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 141. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 141 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 71: *Insulation co-ordination*

IEC 183: 1984, *Guide to the selection of high-voltage cables*

IEC 228: 1978, *Conductors of insulated cables*

IEC 229: 1982, *Tests on cable oversheaths which have a special protective function and are applied by extrusion*

IEC 230: 1966, *Impulse tests on cables and their accessories*

CEI 287: 1982, *Calcul du courant admissible dans les câbles en régime permanent (facteur de charge 100 %)*

CEI 811-1-1: 1985, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Première partie: Méthodes d'application générale – Section un: Mesure des épaisseurs et des dimensions extérieures – Détermination des propriétés mécaniques*

Modification n° 1 (1988), Modification n° 2 (1989)

1.3 Définitions et symboles

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 141, les définitions et symboles suivants s'appliquent:

câbles à écran sur âme en papier au noir de carbone: Câbles comportant sur âme un écran à base de papier au noir de carbone, celui-ci étant en contact avec l'isolation.

câbles à écran sur âme autre que le papier au noir de carbone: Câbles comportant sur âme un écran constitué de tout matériau autre que du papier au noir de carbone, ou disposé de telle sorte que le papier au noir de carbone ne soit pas en contact avec l'isolation. Dans le cadre de la présente norme, les câbles qui n'ont pas d'écran sur âme appartiennent aussi à ce groupe.

U_o est la tension nominale à fréquence industrielle entre âme et écran, pour laquelle le câble et ses accessoires sont établis

U est la tension nominale à fréquence industrielle entre deux âmes quelconques, pour laquelle le câble et ses accessoires sont établis

U_m est la tension la plus élevée du réseau. C'est la plus haute tension efficace entre phases qui peut être maintenue dans les conditions normales d'exploitation à tout instant et en tout point du réseau

U_p est la valeur de crête de la tension de tenue au choc pour laquelle le câble et les accessoires sont établis

1.4 Désignation de la tension

Les câbles et accessoires doivent être désignés par la tension nominale entre âme et écran U_o et par la tension nominale entre âmes U , toutes deux en kilovolts, par exemple 64/110. Les câbles conformes à la présente norme peuvent fonctionner dans un réseau des catégories suivantes:

Catégorie A: cette catégorie comprend les réseaux où les défauts à la terre sont éliminés aussi rapidement que possible, mais en tout cas en moins de 1 min.

Catégorie B: cette catégorie comprend les réseaux qui, en cas de défaut, continuent à être exploités pendant un temps limité avec une phase à la terre. Pour cette durée, la CEI 183 recommande de ne pas dépasser 1 h.

Pour les câbles de la présente norme, une période plus longue, ne dépassant en aucun cas 8 h, peut être tolérée. Il convient que la durée totale des défauts à la terre ne dépasse pas 125 h par an.

Catégorie C: ces câbles ne sont pas prévus pour fonctionner dans les réseaux de catégorie C. Lorsque cela est demandé, un accord doit être conclu lors de la conception des câbles et de leurs accessoires, entre utilisateur et fabricant.

IEC 287: 1982, *Calculation of the continuous current rating of cables (100 % load factor)*

IEC 811-1-1: 1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 1: Methods for general application – Section One: Measurement of thickness and overall dimensions – Tests for determining the mechanical properties*
Amendment No. 1 (1988), Amendment No. 2 (1989)

1.3 Definitions and symbols

For the purposes of this part of IEC 141, the following definitions and symbols apply:

cables screened with carbon-black paper: Cables where carbon-black paper is applied as a screen over the conductor and where the carbon-black paper is in contact with the insulation.

cables not screened with carbon-black paper: Cables where the screen over the conductor consists of any material other than carbon-black paper, or is such that carbon-black paper, if present, is not in contact with the insulation. For the purpose of this standard, cables with unscreened conductors are to be included in this group.

- U_o is the rated power-frequency voltage between conductor and core screen for which the cable and accessories are designed
- U is the rated power-frequency voltage between any two conductors for which the cable and its accessories are designed
- U_m is the highest voltage of the system. It is the highest r.m.s. line-to-line voltage that can be sustained under normal operating conditions at any time and at any point on the system
- U_p is the peak value of the lightning impulse withstand voltage for which the cable and accessories are designed

1.4 Voltage designation

Cables and accessories shall be designated by the rated voltage between conductor and core screen U_o and by the rated voltage between conductors U , both in kilovolts, e.g. 64/110. Cables according to this standard can be operated in a system of the following categories:

Category A: this category comprises those systems where earth faults are cleared as rapidly as possible but in any case within 1 min.

Category B: this category comprises those systems which, under fault conditions, are operated for a short time with one phase earthed. According to IEC 183, this period should not exceed 1 h.

For cables in this standard, a longer period not exceeding 8 h on any occasion can be tolerated. The total duration of earth faults per year should not exceed 125 h.

Category C: these cables are not intended for operating in category C systems. Where there is such a requirement, agreement on the design of cables and accessories shall be made between the user and the manufacturer.

1.5 Conditions d'essais

1.5.1 Fréquence et forme d'onde des tensions d'essai alternatives à fréquence industrielle

La fréquence des tensions d'essai alternatives doit être comprise entre 49 Hz et 61 Hz. Leur forme d'onde doit être sensiblement sinusoïdale.

1.5.2 Forme d'onde des tensions d'essai de choc

L'onde de choc doit être conforme à la CEI 230.

1.5.3 Température ambiante

Pour les essais effectués à température ambiante, celle-ci sera comprise entre 5 °C et 35 °C, sauf si une valeur différente est spécifiée.

1.6 Caractéristiques

1.6.1 Pour l'exécution et le procès-verbal des essais décrits dans la présente norme, les caractéristiques suivantes doivent être connues ou déclarées:

1.6.1.1 a) La tension nominale U_o en kilovolts.

b) La tension de tenue au choc U_p en kilovolts.

NOTE - La tension de tenue au choc U_p spécifiée ci-dessus pour chaque fourniture particulière doit être choisie en accord avec la CEI 71.

1.6.1.2 Le type d'âme conductrice, le matériau, la section nominale en millimètres carrés et la résistance des âmes conductrices (pour cette dernière, voir 2.2).

1.6.1.3 La résistance des âmes conductrices, si la section nominale n'est pas conforme aux valeurs spécifiées dans la CEI 228.

1.6.1.4 Le nombre de conducteurs.

1.6.1.5 La capacité entre âme et écran de chaque conducteur, exprimée en microfarads par kilomètre.

1.6.1.6 La température maximale admissible de l'âme conductrice en degrés Celsius, en régime permanent, dans les conditions spécifiées d'ambiance et d'installation.

1.6.1.7 Les valeurs minimale et maximale de la pression statique d'huile en kilopascals ou bars.

1.6.1.8 Le type et le matériau de la gaine métallique et, le cas échéant, des frettages.

1.6.1.9 La résistance thermique entre âme(s) conductrices(s) et gaine métallique, en degrés Celsius fois centimètres par watt.

NOTE - La résistance thermique devrait être calculée à l'aide des formules de la CEI 287.

1.6.1.10 Les gradients de tension [voir 4.1.2 b), point 3, et 4.1.2 c), point 1 ou point 2] en mégavolts par mètre.

1.6.1.11 Les pressions maximales prévues pour les accessoires en kilopascals (voir section 5).

1.5 Test conditions

1.5.1 Frequency and waveform of power-frequency test voltages

The frequency of alternating test voltages shall be not less than 49 Hz and not more than 61 Hz. The waveform of such voltages shall be substantially sinusoidal.

1.5.2 Waveform of impulse test voltages

The impulse wave shall be in accordance with IEC 230.

1.5.3 Ambient temperature

The ambient temperature for the purpose of the tests is taken as lying between 5 °C and 35 °C, unless another value is specified.

1.6 Characteristics

1.6.1 For the purpose of carrying out and recording the tests described in this standard, the following characteristics must be known or declared:

1.6.1.1 a) The rated voltage U_0 in kilovolts.

b) The lightning impulse withstand voltage U_p in kilovolts.

NOTE - The lightning impulse withstand voltage U_p specified above for each particular cable should be selected in accordance with IEC 71.

1.6.1.2 The type of conductor, the material and the nominal cross-sectional area of the conductors in square millimetres and conductor resistance (for conductor resistances refer to 2.2).

1.6.1.3 The conductor resistance, if the nominal cross-sectional area is not in accordance with the values given in IEC 228.

1.6.1.4 The number of cores.

1.6.1.5 The capacitance between each conductor and core screen expressed in microfarads per kilometre.

1.6.1.6 The maximum permissible conductor temperature in degrees Celsius for permanent operation under the specified ambient and installation conditions.

1.6.1.7 The minimum and maximum permissible static oil pressure in kilopascals or bars.

1.6.1.8 The type and material of the metallic sheath and the construction of the sheath reinforcement, if any.

1.6.1.9 The thermal resistance between conductor(s) and metallic sheath, in degrees Celsius times centimetres per watt.

NOTE - The thermal resistance should be calculated using the formulae given in IEC 287.

1.6.1.10 Voltage gradients [see 4.1.2 b), item 3, and 4.1.2 c), item 1 or item 2] in megavolts per metre.

1.6.1.11 Maximum design pressures of accessories in kilopascals (see section 5).

1.6.1.12 Type de l'écran sur âme (avec ou sans papier au noir de carbone).

1.6.1.13 Epaisseur minimale spécifiée de l'isolation, épaisseur nominale de la gaine métallique et du revêtement anticorrosion en millimètres.

1.6.1.14 Le diamètre extérieur nominal sur câble et sur âme en millimètres.

1.6.1.15 Le type et le matériau du revêtement anticorrosion sur gaine métallique.

1.7 Catégories et fréquence des essais

1.7.1 Essais individuels

Les essais individuels, effectués par le fabricant sur la totalité des longueurs de câbles terminés, sont destinés à vérifier le bon état de la fourniture. Un accord entre l'acheteur et le fabricant précisera si ces essais sont à exécuter sur les longueurs fabriquées, c'est-à-dire avant tronçonnement en longueur de livraison, ou sur les longueurs de livraison. Sur les accessoires, le seul essai individuel est celui spécifié à la section 5.

1.7.2 Essais spéciaux

1.7.2.1 Les essais spéciaux sont effectués par le fabricant sur des tronçons de câbles terminés ou sur des composants prélevés sur des câbles terminés et sur des accessoires, à une fréquence spécifiée, pour vérifier la conformité du produit fini avec la spécification.

Ces essais ne seront exécutés que sur demande exprimée par l'acheteur au moment de la consultation.

1.7.2.2 Fréquence des vérifications dimensionnelles

Sauf spécification contraire de l'acheteur au moment de la consultation, ces vérifications doivent être effectuées sur 10 % au plus du nombre des longueurs de livraison, et sur une longueur au moins.

1.7.2.3 Fréquence des essais mécaniques

A condition que la longueur totale de câble fixée au contrat dépasse 2 km en tripolaire ou 4 km en unipolaire, des essais mécaniques seront effectués à une fréquence qui sera au maximum celle du tableau suivant:

Longueur de câble				Nombre de tronçons à prélever sur câbles fabriqués pour le contrat
Câbles multipolaires		Câbles unipolaires		
Supérieur à	Inférieur ou égal à	Supérieur à	Inférieur ou égal à	
km	km	km	km	
2	10	4	20	1
10	20	20	40	2
20	30	40	60	3
etc.	etc.	etc.	etc.	etc.

1.6.1.12 Type of conductor screen (with or without carbon-black paper).

1.6.1.13 Specified minimum thickness of insulation, nominal thickness of the metallic sheath and anti-corrosion covering in millimetres.

1.6.1.14 The nominal outside diameter of the cable and conductor in millimetres.

1.6.1.15 The type and material of the corrosion-resistant covering over the metallic sheath.

1.7 Categories and frequency of tests

1.7.1 Routine tests

Routine tests are tests made by the manufacturer on all finished cables to demonstrate their individual integrity. It is a matter of agreement between the purchaser and the manufacturer whether the tests are carried out on either the manufactured lengths, i.e. before cutting into delivery lengths, or on the delivery lengths. In the case of accessories, the only routine test is made as specified in section 5.

1.7.2 Special tests

1.7.2.1 Special tests are tests made by the manufacturer on samples of completed cables or components taken from completed cables and on components of accessories, at a specified frequency, in order to verify that the finished product meets the design specification.

These tests should only be made if requested by the purchaser at the time of enquiry.

1.7.2.2 Frequency of the measurements of dimensions

This test shall be carried out on not more than 10 % of the number of delivery lengths – at least on one length – unless otherwise specified by the purchaser at the time of enquiry.

1.7.2.3 Frequency of the mechanical tests

Provided that the total length fixed in the contract exceeds 2 km of three-core cable or 4 km of single-core cable, the maximum frequency of these tests shall be in accordance with the following table:

Cable length				Number of samples taken from cables manufactured for the contract
Multicore cables		Single-core cables		
Above	Up to and including	Above	Up to and including	
km	km	km	km	
2	10	4	20	1
10	20	20	40	2
20	30	40	60	3
etc.	etc.	etc.	etc.	etc.

1.7.3 Essais de type

Les essais de type sont effectués avant la mise à disposition sur une base commerciale normale par un fabricant d'un objet couvert par la présente norme, en vue de démontrer que ses caractéristiques fonctionnelles sont appropriées à l'utilisation prévue.

Ces essais sont d'une nature telle qu'une fois qu'ils ont été exécutés, ils n'ont pas à être répétés à moins qu'il n'ait été apporté, aux matériaux ou à la construction de l'objet en question, des modifications de nature à changer ses caractéristiques de fonctionnement.

1.7.4 Essais après pose

Les essais après pose sont des essais effectués dans le but de vérifier le bon état du câble et de ses accessoires.

SECTION 2: ESSAIS INDIVIDUELS SUR LES CÂBLES

2.1 Généralités

Les essais spécifiés aux articles 2.2 à 2.6 doivent être exécutés, conformément à 1.7.1, sur tous les câbles terminés au titre d'un contrat. Pour les essais des articles 2.3, 2.4 et 2.5, les câbles sont munis de boîtes d'extrémités appropriées et la pression d'huile réglée de manière à ne pas dépasser 200 kPa (2,0 bar) au point le plus haut, ou la pression statique minimale (voir 1.6.1.6) majorée de 50 kPa (0,5 bar) si cette valeur est plus élevée.

2.2 Mesure de la résistance des âmes conductrices

La mesure de résistance en courant continu doit être faite sur chaque âme conductrice du câble terminé. La valeur mesurée, pour un câble tripolaire (dont la section nominale n'excède pas 400 mm²), et pour un câble unipolaire (dont la section nominale ne dépasse pas 2 000 mm²), après correction à 20 °C, et ramenée à 1 km de longueur, ne doit pas être supérieure à la valeur prescrite, pour les âmes conductrices de classe 2, dans la CEI 228, tableau II, colonnes 8 et 9 (pour les âmes en cuivre), et colonne 10 (pour les âmes en aluminium).

Pour les âmes dont la section nominale est supérieure aux valeurs données ci-dessus, ou non mentionnée dans la CEI 228, tableau II, la résistance en courant continu ne devra pas dépasser la valeur déclarée par le fabricant.

La correction de température et de longueur doit être faite conformément aux prescriptions de la CEI 228.

Avant la mesure, le câble sera maintenu à une température sensiblement constante pendant au moins 12 h. Il convient de porter cette durée à 24 h si l'on doute que la température de l'âme soit égale à la température ambiante.

1.7.3 *Type tests*

Type tests are tests made before a manufacturer supplies, on a general commercial basis, a finished product covered by this standard, in order to demonstrate satisfactory performance characteristics to meet the intended application.

These tests are of such a nature that, after they have been made, they need not be repeated unless changes are made in either the materials or the design which might change the performance characteristics.

1.7.4 *Tests after installation*

Tests after installation are tests made in order to demonstrate the integrity of the cable and its accessories.

SECTION 2: ROUTINE TESTS ON CABLES

2.1 **General**

The tests specified in clauses 2.2 to 2.6 shall be carried out on all finished cables as defined in 1.7.1, forming the subject of a contract. For the tests specified in clauses 2.3, 2.4 and 2.5, the cables shall be installed with suitable terminations and the oil pressure at the highest position adjusted to a value not exceeding 200 kPa (2,0 bar) or the minimum static pressure (see 1.6.1.6) plus 50 kPa (0,5 bar) whichever is the greater.

2.2 **Conductor resistance test**

The d.c. resistance of conductors in the finished cable shall be measured. The measured value of resistance for three-core cables (with a nominal cross-sectional area not exceeding 400 mm²) and for single-core cables (with a nominal cross-sectional area not exceeding 2 000 mm²), when corrected to a temperature of 20 °C and a length of 1 km shall not exceed the value specified for class 2 conductors in columns 8 and 9 (for copper conductors), and column 10 (for aluminium conductors) of table II of IEC 228.

For cables with a nominal cross-sectional area greater than that mentioned above or not included in table II of IEC 228, the d.c. resistance shall meet the value stated by the manufacturer.

The correction for temperature and length shall be made in accordance with IEC 228.

The cable shall be maintained at a reasonably constant temperature for at least 12 h before the test. If it is doubtful whether the conductor temperature is the same as the ambient temperature the period should be extended to 24 h.

2.3 Mesure de la capacité

La capacité est mesurée à fréquence industrielle à l'aide d'un pont en courant alternatif; la capacité de chaque conducteur ne doit pas dépasser de plus de 8 % la valeur déclarée (voir 1.6.1.4).

2.4 Mesure de l'angle de pertes diélectriques

L'angle de pertes diélectriques est mesuré à la température ambiante entre âme et écran sur chaque conducteur, sous une tension d'essai à la fréquence industrielle définie en 1.5.1. Pour les valeurs de U_0 inférieures ou égales à 87 kV, les mesures sont faites aux tensions U_0 et $2 U_0$; pour les valeurs de U_0 supérieures à 87 kV, les mesures sont faites aux tensions U_0 et $1,67 U_0$.

Si les mesures sont effectuées à une température inférieure à 20 °C, les résultats doivent être ramenés à 20 °C, soit en déduisant de la valeur mesurée 2 % de cette valeur par °C de la différence entre la température d'essai et 20 °C, soit en utilisant une courbe de correction appropriée à l'isolation, s'il y a eu accord entre l'acheteur et le fabricant sur une telle courbe. Il ne doit pas être fait de correction si la température d'essai est égale ou supérieure à 20 °C.

L'angle de pertes diélectriques et sa variation ne doivent pas dépasser les valeurs correspondantes du tableau 1, page 42, ou les valeurs déclarées si celles-ci sont inférieures.

2.5 Essai diélectrique

Cet essai doit être effectué à température ambiante, à l'aide d'une tension d'essai alternative à fréquence industrielle appliquée pendant 15 min entre chaque âme et l'écran sur isolation. La valeur de la tension d'essai (voir le tableau 2, page 44), doit être:

$2 U_0 + 10 \text{ kV}$ pour les câbles de U_0 inférieure ou égale à 87 kV;

$1,67 U_0 + 10 \text{ kV}$ pour les câbles de U_0 supérieure à 87 kV.

La tension doit être élevée progressivement jusqu'à la valeur spécifiée. Il ne doit pas se produire de perforation de l'isolation.

Un essai en courant continu peut être effectué à la place de l'essai en courant alternatif spécifié ci-dessus, la valeur de la tension d'essai étant 2,4 fois celle de la tension alternative d'essai (voir tableau 2) et la durée de l'essai étant de 15 min. Il ne doit pas se produire de perforation de l'isolation.

NOTE - Il est admis de coupler l'essai diélectrique avec la mesure de l'angle de pertes diélectriques (voir article 2.4).

2.6 Essais de revêtements anticorrosion

Les revêtements anticorrosion doivent être conformes aux exigences des essais individuels spécifiés dans la CEI 229.

2.3 Capacitance test

The capacitance shall be measured at power frequency by means of an a.c. bridge; the capacitance of each core shall be not greater than 8 % above the declared value (see 1.6.1.4).

2.4 Dielectric loss angle test

The dielectric loss angle shall be measured at ambient temperature between each conductor and core screen employing a power-frequency test voltage as defined in 1.5.1. For values of U_0 not exceeding 87 kV, the measurements shall be made at the rated voltage U_0 and $2 U_0$; for values of U_0 exceeding 87 kV, the measurements shall be made at the rated voltage U_0 and at $1,67 U_0$.

If the measurements are made at a temperature below 20 °C, the results shall be corrected to 20 °C, either by subtracting from the measured value 2 % of this value per °C of the difference between the test temperature and 20 °C or by use of a correction curve appropriate to the insulant if agreement on such a curve has been reached between the purchaser and the manufacturer. No correction shall be made if the test temperature is 20 °C or higher.

The dielectric loss angle and the loss-angle difference shall not exceed the appropriate values given in table 1, page 43, or the declared values, whichever are the lower.

2.5 High-voltage test

This test shall be made at ambient temperature, with a power-frequency a.c. test voltage applied for 15 min between each conductor and core screen. The value of the test voltage (see table 2, page 45) shall be:

$2 U_0 + 10 \text{ kV}$ for cables with U_0 not exceeding 87 kV;

$1,67 U_0 + 10 \text{ kV}$ for cables with U_0 exceeding 87 kV.

The voltage shall be gradually increased to the specified value. No breakdown of the insulation shall occur.

A d.c. test may be applied as an alternative to the a.c. test specified above, the value of the test voltage being 2,4 times the a.c. test voltage (see table 2) and the duration of the test 15 min. No breakdown of the insulation shall occur.

NOTE - The a.c. test may be made in conjunction with the measurement of the dielectric loss angle (see clause 2.4).

2.6 Test on corrosion-resistant coverings

Corrosion-resistant coverings shall comply with the routine test requirements of IEC 229.

SECTION 3: ESSAIS SPÉCIAUX SUR LES CÂBLES

3.1 Mesures d'épaisseur**3.1.1 Mesure de l'épaisseur d'isolation**

L'épaisseur d'isolation doit être déterminée sur un tronçon prélevé à une extrémité de chacune des longueurs de câbles terminés choisies comme indiqué en 1.7.2.2 par l'une des méthodes suivantes. L'épaisseur totale d'isolation ne doit pas être inférieure à la valeur minimale spécifiée.

3.1.1.1 Mesure au ruban à métrer

Pour les âmes conductrices de coupe circulaire ou ovale, le tronçon est désassemblé jusqu'à obtenir les conducteurs isolés, dépouillés de leurs rubans d'écran sur isolation. Le diamètre des conducteurs isolés est mesuré en cet état à l'aide d'un ruban à métrer à 50 mm et à 100 mm de l'extrémité de chaque conducteur. L'espace entre les divisions successives du ruban ne doit pas correspondre à un écart en diamètre supérieur à 0,5 mm.

L'isolation est alors dépouillée pour mettre à nu l'écran sur âme conductrice et les diamètres sur cet écran sont ensuite mesurés à l'aide du ruban à métrer. L'épaisseur d'isolation en chaque emplacement de mesure est calculée comme la demi-différence des deux diamètres mesurés à cet emplacement.

3.1.1.2 Mesure au micromètre

Pour les âmes conductrices de coupe sectorale, l'ensemble des papiers isolants est retiré de l'échantillon et maintenu en liasse sans enlèvement d'imprégnant, puis mesuré en épaisseur totale au moyen d'un micromètre à cadran ayant les caractéristiques ci-dessous. Si cela est nécessaire pour la mesure, on peut séparer l'épaisseur d'isolation en plusieurs parties. Le micromètre doit avoir une précision d'au moins $\pm 0,005$ mm. Le diamètre de la touche de pression doit être compris entre 6 mm et 8 mm. La pression appliquée doit être de $350 \text{ kPa} \pm 5 \%$. Les faces en regard doivent être planes, concentriques et parallèles à moins de 0,003 mm dans leur plage de déplacement.

3.1.2 Mesure de l'épaisseur de la gaine métallique**3.1.2.1 Gaine de plomb**

L'épaisseur minimale de la gaine de plomb ne doit pas être inférieure à la valeur nominale déclarée (voir 1.6.1.12) de plus de $5 \% + 0,1 \text{ mm}$.

L'épaisseur de la gaine de plomb doit être déterminée au moyen de l'une des méthodes suivantes, au choix du fabricant.

3.1.2.1.1 Méthode «à plat»

La mesure est faite sur un échantillon de gaine de 50 mm de longueur environ, retiré d'une longueur de câble terminée, choisie comme indiqué en 1.7.2.2. L'échantillon est fendu longitudinalement, puis soigneusement aplani. Après nettoyage, l'épaisseur de l'échantillon est mesurée en un certain nombre de points, le long de la périphérie, à 10 mm au moins du bord de l'éprouvette redressée. Les mesures sont effectuées à l'aide d'un micromètre à faces planes, de touches comprises entre 4 mm et 8 mm de diamètre, de précision $\pm 0,01 \text{ mm}$.

SECTION 3: SPECIAL TESTS ON CABLES

3.1 Measurements of thickness**3.1.1 Measurement of insulation thickness**

The thickness of the insulation shall be determined on a sample taken from one end of each of the finished cable lengths selected as described in 1.7.2.2 by either of the following methods. The total insulation thickness shall not fall below the minimum specified value.

3.1.1.1 Diameter tape method

For insulated conductors of circular or oval cross-section, the samples shall be dismantled until the cores are available with dielectric screening tapes removed. The diameters of the cores, in this state, shall be measured by means of a diameter measuring tape at 50 mm and 100 mm from the end of each piece of core. The scale divisions of the diameter measuring tape shall be not more than 0,5 mm in terms of diameter.

The insulation shall then be removed to reveal the conductor screen and the diameters over the conductor screen are then measured with the diameter measuring tape. The insulation thickness at each point of measurement shall be calculated by halving the difference of the two diameters measured at that position.

3.1.1.2 Dead-weight micrometer method

For insulated conductors of sector-shaped cross-section, the individual paper tapes, removed from the test piece, shall be bunched together without removal of surplus compound, and then measured to their total thickness by a dead-weight (dial) micrometer having the characteristics given below. If necessary, the insulation may be separated into a few groups to obtain a satisfactory measurement. The micrometer shall have an accuracy of not less than $\pm 0,005$ mm. The pressure foot shall have a diameter of not less than 6 mm and not more than 8 mm. The pressure applied shall be $350 \text{ kPa} \pm 5 \%$. The faces shall be flat, concentric and parallel to within 0,003 mm over the range of travel.

3.1.2 Measurement of metal sheath thickness**3.1.2.1 Lead sheath**

The minimum thickness of the lead sheath shall not fall *below* the declared nominal value (see 1.6.1.12) by more than $5 \% + 0,1 \text{ mm}$.

The thickness of the lead sheath shall be determined by one of the following methods, at the discretion of the manufacturer.

3.1.2.1.1 Strip method

The thickness of the lead sheath shall be determined on a test piece of sheath, about 50 mm in length, removed from the finished cable length, selected as described in 1.7.2.2. The piece shall be slit longitudinally and carefully flattened. After cleaning the test piece, a number of measurements shall be taken along the circumference of the sheath and not less than 10 mm away from the edge of the flattened piece. The measurements shall be made by a micrometer with plane faces of 4 mm to 8 mm in diameter and an accuracy of $\pm 0,01 \text{ mm}$.

3.1.2.1.2 *Méthode «de l'anneau»*

Les mesures sont prises sur un anneau soigneusement prélevé sur le câble. L'épaisseur de la gaine est mesurée en un nombre de points suffisant sur la périphérie de l'anneau pour être sûr d'obtenir la valeur minimale. Les mesures sont faites à l'aide d'un micromètre ayant une touche plane et une touche sphérique, ou une touche plane et une touche plane rectangulaire de 0,8 mm de largeur et de 2,4 mm de longueur. La touche sphérique ou plane rectangulaire doit être appliquée sur la face intérieure de l'anneau. La précision du micromètre doit être de $\pm 0,001$ mm.

3.1.2.2 *Gaine d'aluminium lisse ou ondulée*

L'échantillon à mesurer sera pris à 300 mm au moins de l'extrémité du câble désignée selon 1.7.2.2 et consistera en un anneau de 50 mm de long environ, soigneusement prélevé de la gaine d'aluminium.

L'épaisseur sera déterminée en un nombre de points suffisant sur la périphérie de l'anneau pour être sûr d'obtenir la valeur minimale. La mesure sera faite avec un micromètre à touches sphériques de rayon voisin de 3 mm. La précision doit être de $\pm 0,01$ mm.

L'épaisseur minimale ainsi mesurée ne doit pas être inférieure à la valeur spécifiée (voir 1.6.1.12) de plus de:

10 % + 0,1 mm dans le cas d'une gaine d'aluminium lisse;

15 % + 0,1 mm dans le cas d'une gaine d'aluminium ondulée.

3.1.3 *Mesure de l'épaisseur de la gaine extérieure plastique extrudée*

3.1.3.1 La mesure doit être effectuée suivant la méthode prescrite en 8.2 de la CEI 811-1-1.

3.1.3.2 Pour les gaines extérieures plastiques extrudées sur gaine d'aluminium lisse, la moyenne de six valeurs mesurées ne doit pas être inférieure à la valeur spécifiée (voir 1.6.1.12) et la plus petite valeur mesurée ne doit pas être inférieure à la valeur spécifiée de plus de 0,1 mm + 15 % de la valeur nominale.

3.1.3.3 Dans tous les autres cas, la plus petite épaisseur mesurée en un point quelconque ne doit pas être inférieure à la valeur spécifiée (voir 1.6.1.12) de plus de 0,2 mm + 20 % de la valeur nominale.

3.1.4 *Répétition de l'essai*

Si l'un quelconque des essais de l'article 3.1 n'est pas satisfaisant, il est recommandé de prélever deux nouveaux échantillons sur le même lot de câble et de les soumettre à la mesure ou aux mesures défectueuses. Si les deux contre-essais sont satisfaisants, l'ensemble des câbles du lot est considéré conforme aux prescriptions de cette spécification. Si l'un ou l'autre des contre-essais est défectueux, le lot de câble est considéré comme non conforme. Le prélèvement et la mesure de nouveaux échantillons sont alors matière à discussion.

3.1.2.1.2 *Ring method*

The measurements shall be taken on a ring carefully cut from the sample. The thickness of the sheath shall be determined at a sufficient number of points around the circumference of the ring sample to ensure that the minimum thickness is measured. The measurements shall be made with a micrometer having either one flat nose and one ball nose or one flat nose and a flat rectangular nose 0,8 mm wide and 2,4 mm long. The ball nose or the flat rectangular nose shall be applied to the inside of the ring. The accuracy of the micrometer shall be $\pm 0,001$ mm.

3.1.2.2 *Plain or corrugated aluminium sheath*

The sample to be measured shall be taken not less than 300 mm from the end of the cable length selected according to 1.7.2.2 and shall consist of a ring of about 50 mm length carefully cut from the aluminium sheath.

The thickness shall be determined at a sufficient number of points around the circumference of the ring sample to ensure that the minimum thickness is measured. The measurement shall be made with a micrometer having ball noses with radii of about 3 mm. The accuracy shall be $\pm 0,01$ mm.

The minimum thickness so measured shall not fall below the specified value (see 1.6.1.12) by more than:

10 % + 0,1 mm in case of plain aluminium sheath;

15 % + 0,1 mm in case of corrugated aluminium sheath.

3.1.3 *Measurement of the thickness of extruded polymeric oversheath*

3.1.3.1 The measurements shall be carried out by the method described in 8.2 of IEC 811-1-1.

3.1.3.2 For extruded polymeric oversheaths applied on smooth aluminium sheaths, the average of the six measured values shall not fall below the specified value (see 1.6.1.12) and the smallest measured value shall not fall below the specified value by more than 0,1 mm + 15 % of the nominal value.

3.1.3.3 In all the other cases, the smallest measured thickness at any point shall not fall below the specified value (see 1.6.1.12) by more than 0,2 mm + 20 % of the nominal value.

3.1.4 *Re-test procedure*

Should any sample fail in any of the tests in clause 3.1, it is recommended that two further samples be taken from the same batch and subjected to the test or tests in which the original sample failed. Should both additional test samples pass the tests, all the cables in the batch from which they were taken shall be regarded as complying with the requirements of this specification. Should either of them fail, the batch of which these samples were representative shall be regarded as failing to comply. Further re-sampling and testing should then be a matter for negotiation.

3.2 Essai mécanique

L'essai mécanique consiste en un essai de pliage suivi d'un essai diélectrique et d'un examen physique du câble. Les échantillons pour cet essai sont prélevés conformément à 1.7.2.3.

3.2.1 Essai de pliage

L'essai de pliage est effectué sur un tronçon de câble de longueur suffisante pour permettre un tour complet autour du mandrin d'essai. Sauf spécification contraire de l'acheteur à la consultation, l'essai est fait à température ambiante.

Le diamètre de mandrin d'essai doit être:

Type de câble	Diamètre du mandrin d'essai (tolérance +5 %)
Câbles unipolaires sous gaine de plomb, d'alliage de plomb ou d'aluminium ondulé	25 ($D + d$)
Câbles tripolaires sous gaine de plomb, d'alliage de plomb ou d'aluminium ondulé	20 ($D + d$)
Tous câbles sous gaine d'aluminium lisse	36 ($D + d$)*
où D est le diamètre mesuré sur la gaine métallique ou sur la crête des ondulations pour les câbles sous gaine d'aluminium ondulé. d est le diamètre mesuré de l'âme conductrice ou, dans le cas d'une âme non circulaire, $\frac{1}{3,14}$ fois son périmètre mesuré. * Le fait que le diamètre du mandrin d'essai soit plus grand pour ces câbles signifie que le diamètre des tourets de transport et le rayon de courbure à l'installation doivent être plus grands que pour des câbles à gaine de plomb tressé ou d'aluminium ondulé.	

Le câble étant allongé et de niveau, une extrémité est attachée au mandrin d'essai. Une ligne de repère parallèle à l'axe est tracée sur la génératrice supérieure du câble. Le mandrin est ensuite mis en rotation régulière jusqu'à ce que la totalité du tronçon de câble soit enroulée en spire serrée. Le mandrin est ensuite actionné en sens inverse pour dérouler le câble.

Le câble est alors tourné autour de son axe de 180°, et le cycle d'enroulement et de déroulement est répété avec les mêmes sens de rotation qu'auparavant. Le câble est à nouveau tourné de 180° autour de son axe, la ligne de référence revenant à sa position initiale, c'est-à-dire la génératrice supérieure. Il est également possible d'inverser le sens de rotation du mandrin d'essai en conservant la même position du câble, de sorte qu'il s'enroule soit par le haut, soit par le bas du mandrin. Le cycle complet: enroulement/déroulement/rotation du câble/enroulement/déroulement/rotation du câble doit être effectué trois fois sur le tronçon de câble.

3.2 Mechanical test

The mechanical test shall consist of a bending test followed by an electrical test and by a physical examination of the cable. The samples for this test shall be selected according to 1.7.2.3.

3.2.1 Bending test

The bending test shall be made on a sample of cable of sufficient length to provide at least one complete turn round the test cylinder. The test shall be made at ambient temperature, unless otherwise specified by the customer in his enquiry.

The diameter of the test cylinder shall be:

Type of cable	Diameter of the test cylinder (tolerance +5 %)
Single-core cables with lead, lead-alloy or corrugated aluminium sheaths	$25 (D + d)$
Three-core cables with lead, lead-alloy or corrugated aluminium sheaths	$20 (D + d)$
All cables with plain aluminium sheaths	$36 (D + d)^*$
where D is the measured diameter over the pressure-retaining sheath or over the crest of the corrugations of the corrugated aluminium sheathed cable. d is the measured diameter of the conductor or, if a non-circular conductor is concerned, it is $\frac{1}{3,14}$ times the measured conductor perimeter. * The fact that the diameter of the test cylinder is larger for these cables indicates that they must be transported on larger diameter drums and installed with larger installation radii than reinforced lead or corrugated aluminium sheathed cables.	

The cable shall be laid out straight and level and one end secured to the test cylinder. A reference line shall be drawn along the top of the cable parallel to its longitudinal axis. The cylinder shall then be rotated steadily so that all the cable is taken up in a closely-wound coil. The cylinder shall then be rotated in the opposite direction so that the cable is unwound.

The cable shall then be rotated 180° about its longitudinal axis and the winding and unwinding process repeated with the same directions of test cylinder rotation as before. The cable shall then be rotated about its longitudinal axis by 180° to regain its initial position, i.e. reference line uppermost. Alternatively, reversal of the direction of rotation of the test cylinder is permitted in order that the cable may be retained in the same position so that it will alternate between the bottom and the top of the test cylinder. The complete cycle of wind/unwind/cable rotation/wind/unwind/cable rotation shall be carried out three times on the cable sample.

3.2.2 *Essai diélectrique*

Après l'exécution du cycle d'opération ci-dessus, l'échantillon doit être soumis pendant 15 min à un essai diélectrique, à la tension alternative spécifiée à l'article 2.5.

3.2.3 *Examen de la gaine métallique, des frettes et des revêtements de protection*

Sur le tronçon qui a subi l'essai diélectrique à fréquence industrielle de 3.2.2, en son milieu, il est prélevé un échantillon de câble de 1 m environ qui sera dépouillé et examiné. Le revêtement anticorrosion et les frettes ne doivent être ni sérieusement déplacés ni endommagés; la gaine métallique doit être exempte de fente ou de déchirure.

3.2.4 *Examen de l'isolation*

Après examen des revêtements conformément à 3.2.3, un morceau de câble de 300 mm de long est prélevé sur la partie centrale de l'échantillon. La gaine métallique est retirée, ainsi que les bourrages et liens d'assemblage le cas échéant, de manière à obtenir un ou trois conducteurs isolés selon le cas.

Les papiers d'isolation sont retirés en petit nombre à la fois, et examinés pour leurs dé joints et leurs déchirures éventuels. Les prescriptions suivantes doivent être respectées:

- a) le nombre de papiers isolants qui, sur les 300 mm de l'échantillon, contiennent des déchirures longitudinales ou sur les bords de plus de 7,5 mm, ne devra pas être supérieur à deux par conducteur, et
- b) en aucun point dans l'épaisseur d'isolation il ne doit y avoir plus de:
 - 1) deux déchirures en coïncidence, quelle que soit leur longueur, sur deux papiers isolants adjacents, ni
 - 2) deux dé joints en coïncidence, quelle que soit la longueur de ceux-ci, sur deux papiers isolants adjacents; cependant, ce nombre maximal admissible de dé joints en coïncidence est porté à trois pour les zones de changement de sens du rubanage.

Les papiers au noir de carbone sont exclus du domaine des prescriptions ci-dessus.

3.2.5 *Répétition de l'essai*

Si les prescriptions qui précèdent ne sont pas satisfaites, un nouveau tronçon doit être prélevé d'une autre longueur de fabrication et l'ensemble des essais de l'article 3.2 doit être répété. Si le nouvel échantillon satisfait aux prescriptions ci-dessus, le câble est considéré conforme à cette spécification.

3.2.2 *Electrical test*

After the above cycle of operations has been completed, the sample of cable shall withstand for 15 min the high-voltage test with an a.c. test voltage specified in clause 2.5.

3.2.3 *Examination of the metal sheath, reinforcing tapes and protective coverings*

After the high-voltage power frequency test in accordance with 3.2.2, a specimen of about 1 m in length, taken from the middle of the sample of cable which has been tested, shall be dismantled and examined. The anti-corrosion covering and reinforcement shall not be seriously displaced or damaged; the pressure-retaining sheath shall be free from cracks and splits.

3.2.4 *Examination of insulation*

After examination of the coverings in accordance with 3.2.3, a piece of cable 300 mm long shall be cut from the central part of the sample. The metal sheath and the inner binders (if any), fillers, etc., shall be removed thus obtaining one test piece in the case of a single-core cable or three test pieces in the case of a three-core cable.

The insulation shall be removed by taking off a small number of paper tapes at a time, and the tapes examined for tears and gaps. The following requirements shall be met:

- a) the number of insulating paper tapes which, in the 300 mm length, contain longitudinal or edge tears exceeding 7,5 mm shall be not more than two per core, and
- b) at no point throughout the insulation shall there be more than either:
 - 1) two coincidental tears of any length in adjacent insulating papers, or
 - 2) two coincidental gaps of any length in adjacent insulating papers, except that the maximum permissible number of said gaps is three if these coincide with the reversal of the direction of the lay.

Carbon-black papers are excluded from the requirements given above.

3.2.5 *Re-test procedure*

If the above requirements are not met, a new sample shall be taken from another manufacturing length and the whole test procedure specified in clause 3.2 shall be repeated. If the above requirements are met in the re-test, the cable shall be regarded as complying with this specification.

SECTION 4: ESSAIS DE TYPE SUR LES CÂBLES

4.1 Généralités

4.1.1 Les essais spécifiés aux articles 4.3, 4.4 et 4.5 sont destinés à vérifier que les caractéristiques de fonctionnement du modèle de base du câble examiné sont conformes aux prescriptions spécifiées.

Ces essais peuvent faire l'objet d'une dispense partielle ou totale, pour celui ou ceux d'entre eux qui ont été effectués précédemment sur des câbles de «construction similaire» à celle des câbles du contrat, et pour lesquels le fabricant peut produire un procès-verbal.

4.1.2 Un câble est dit de «construction similaire» si ses caractéristiques se comparent de la manière suivante avec celles du câble du contrat (avec une tolérance de 5 %, sauf spécification contraire ci-dessous):

a) *Essai de l'angle de pertes diélectriques/température* (article 4.3)

- 1) tension nominale égale à U_0 à ± 10 % près;
- 2) même nombre de conducteurs;
- 3) température maximale admissible de l'âme conductrice égale ou supérieure;
- 4) pression d'huile minimale admissible égale ou inférieure.

b) *Essai diélectrique de sécurité* (article 4.4)

Comme ci-dessus pour l'essai de l'angle de pertes diélectriques/température, mais avec les prescriptions complémentaires suivantes:

- 1) diamètre de l'âme conductrice égal ou supérieur;
- 2) âme de forme géométrique semblable;
- 3) gradient maximal à tension nominale U_0 égal ou supérieur (calculé à partir des dimensions réelles).

Si l'habitude du fabricant est de proposer des câbles d'épaisseur d'isolation identique pour une même tension nominale, quelle que soit la section de l'âme, les prescriptions 1) et 3) ci-dessus sont remplacées par ce qui suit:

- 4) même épaisseur d'isolation spécifiée;
- 5) même diamètre de l'âme, ou bien les essais ont été effectués avec complète satisfaction sur deux câbles ayant l'un une âme de diamètre inférieur, l'autre une âme de diamètre supérieur.

c) *Essai de tension de choc* (article 4.5)

Comme ci-dessus pour l'essai diélectrique de sécurité, mais avec les prescriptions complémentaires suivantes:

- 1) gradient maximal à U_p égal ou supérieur (calculé à partir des dimensions réelles).

Si l'habitude du fabricant est de proposer des câbles d'épaisseur d'isolation identique pour une même tension nominale, quelle que soit la section de l'âme, la prescription 1) ci-dessus est remplacée par:

- 2) le câble a été essayé à une tension égale ou supérieure à U_p .

SECTION 4: TYPE TESTS ON CABLES

4.1 General

4.1.1 The tests specified in clauses 4.3, 4.4 and 4.5 are intended to demonstrate that the performance characteristics of the basic cable design meet the specified requirements.

Any or all of the tests may be omitted provided that the test or tests has or have previously been made on cables of "similar design" as the cable included in the contract and the manufacturer produces a certificate to this effect.

4.1.2 "Similar design" is defined as a cable having the following characteristics compared to the contract cable for each of the tests as follows (a tolerance of 5 % is permitted, except where specified below):

a) *Dielectric loss angle/temperature test* (clause 4.3)

- 1) rated voltage U_0 within ± 10 %;
- 2) the same number of cores;
- 3) a maximum permissible conductor temperature equal or higher;
- 4) a minimum permissible oil pressure equal or lower.

b) *Dielectric security test* (clause 4.4)

As defined above for the dielectric loss angle test/temperature test, but with the following additional requirements:

- 1) conductor diameter equal or greater;
- 2) similar conductor shape;
- 3) maximum stress at rated voltage U_0 equal or greater (as calculated from the actual dimensions).

Where it is the manufacturer's practice to offer cables for the same voltage rating with a constant insulation thickness, independent of conductor size, requirements 1) and 3) above shall not apply and the following shall be inserted:

- 4) the same specified insulation thickness;
- 5) the same conductor diameter, or tests shall have been carried out on two cables meeting all the above requirements, one with a smaller conductor diameter and one with a larger conductor diameter.

c) *Lightning impulse voltage test* (clause 4.5)

As defined above for the dielectric security test, but with the following additional requirements:

- 1) maximum stress at U_p equal or greater (as calculated from the actual dimensions).

Where it is the manufacturer's practice to offer cables for the same voltage rating with a constant insulation thickness, independent of conductor size, the following requirement shall be substituted for 1) above:

- 2) the cable has been tested at a voltage equal to or greater than U_p .

4.2 Prescriptions d'essais

Les essais spécifiés aux articles 4.3, 4.4 et 4.5 peuvent être effectués sur des échantillons distincts de câble, ou sur un même échantillon, au choix du fabricant. Si un même échantillon est soumis à plus d'un essai, la séquence des essais est au choix du fabricant. Cependant, si un défaut se produit au cours d'un essai autre que le premier, cet essai défaillant devra être répété sur un nouveau tronçon de câble, le résultat de ce nouvel essai étant seul pris en considération pour le jugement final des résultats.

Les tronçons destinés aux essais diélectriques doivent être munis de boîtes d'extrémités appropriées, et la pression d'huile au point le plus élevé de l'installation doit être maintenue à la valeur minimale déclarée, selon 1.6.1.6, avec une tolérance de +25 %. Sur les câbles tripolaires, les essais électriques ne sont effectués que sur un seul conducteur.

4.3 Essai de l'angle de pertes diélectriques/température

Cet essai doit être fait sur un tronçon de câble d'au moins 10 m de long.

L'angle de pertes diélectriques est mesuré sous la tension nominale U_0 , et

- a) à la température ambiante. La température du câble ne doit en aucun cas dépasser 25 °C;
- b) après que le câble a été chauffé de manière à porter l'ensemble de l'isolation à une température uniforme (radialement et longitudinalement) de 5 °C supérieure à la température maximale admissible de l'âme conductrice en service, telle qu'elle est déclarée en 1.6.1.5; la méthode de chauffage est l'une de celles décrites à l'annexe A;
- c) à la température d'isolation – uniformes radialement et longitudinalement – de 60 °C et 40 °C environ, en cours de refroidissement;
- d) aussitôt après refroidissement à la température ambiante.

Pour chacune de ces mesures (aux cinq températures), l'angle de pertes diélectriques ne doit pas être supérieur aux valeurs indiquées au tableau 1 pour la tension d'essai U_0 .

4.4 Essai diélectrique de sécurité

Un tronçon de câble de 10 m au moins en dehors de ses extrémités, après avoir subi l'essai de pliage de 3.2.1, doit être soumis à la température ambiante à un essai diélectrique à fréquence industrielle entre âme et écran, de 24 h consécutives. La valeur de la tension d'essai (voir tableau 2) doit être de:

- $2,5 U_0$ pour les câbles de U_0 inférieure ou égale à 87 kV;
- $1,73 U_0 + 100$ kV pour les câbles de U_0 supérieure à 87 kV.

Il ne doit pas se produire de perforation de l'isolation durant l'essai.

4.2 Test requirements

The tests specified in clauses 4.3, 4.4 and 4.5 may be carried out on separate samples of cable, or on one sample of cable only, according to the wishes of the manufacturer. If more than one test is carried out on one sample of cable, the order in which the tests are performed shall be at the discretion of the manufacturer. If, however, during the second or subsequent test the requirements are not met, the test which has not been passed shall be repeated on a new sample of cable, and the results of this repeat test shall only be valid for the ultimate assessment of the results.

For the electrical test, the sample or samples of cable shall be installed with suitable terminations and the oil pressure at the highest point of the assembly shall be maintained at the minimum value declared under 1.6.1.6, with a tolerance of +25 %. In the case of three-core cables, the electrical tests shall be carried out on one core only.

4.3 Dielectric loss angle/temperature test

This test shall be made on a sample of cable at least 10 m long.

The dielectric loss angle shall be measured at the rated voltage U_0 , and

- a) at ambient temperature. The cable temperature shall be in no case higher than 25 °C;
- b) after the whole dielectric of the cable has been heated to a uniform temperature (radially and longitudinally) of 5 °C above the maximum permissible operating temperature of the conductor, as declared under 1.6.1.5, using one of the methods of heating described in annex A;
- c) at uniform temperature of the dielectric (radially and longitudinally) of about 60 °C and 40 °C during cooling;
- d) immediately after cooling to ambient temperature.

Throughout the test (i.e. in all five temperature conditions), the dielectric loss angle shall not exceed the values specified in table 1 for the test voltage U_0 .

4.4 Dielectric security test

After the bending test in accordance with 3.2.1, a sample of cable shall be subjected to a power-frequency test voltage applied between conductor and core screen continuously for 24 h; the sample shall be at least 10 m in length excluding the terminations, and the test shall be made at ambient temperature. The value of the test voltage (see table 2) shall be:

- 2,5 U_0 for cables with U_0 not exceeding 87 kV;
- 1,73 U_0 + 100 kV for cables with U_0 exceeding 87 kV.

No breakdown of the insulation shall occur during the test.

4.5 Essai de tension de choc

4.5.1 Généralités

L'essai de tension de choc doit être effectué sur un tronçon de câble qui a subi au préalable l'essai de pliage dans les conditions et avec les procédures spécifiées en 3.2.1.

Si l'installation d'essai comporte des jonctions, voir l'article 7.2. Après l'essai de choc, le tronçon de câble doit être soumis à l'essai de tension alternative spécifié en 4.5.4. La longueur minimale de câble entre les culots des boîtes d'extrémités doit être de 10 m.

4.5.2 Procédure et prescription de l'essai de choc

L'essai de choc devra être effectué après que le câble aura été chauffé conformément à 4.5.3.

La température du câble doit être stabilisée à la valeur de l'essai durant au moins 2 h, après quoi on appliquera sur un conducteur 10 chocs positifs et 10 chocs négatifs entre âme et écran. La valeur de crête de la tension de choc (voir 1.5.2) doit être égale à la valeur déclarée en 1.6.1.1 b).

L'étalonnage du générateur de choc et la procédure détaillée de l'essai sont conformes aux prescriptions de la CEI 230.

Aucune perforation de l'isolation du câble ne doit se produire durant l'essai.

4.5.3 Température durant l'essai

La température durant l'essai devra être égale à la température maximale admissible en service continu avec une tolérance de +5 °C.

Le fabricant peut choisir l'une ou l'autre des méthodes de chauffage décrites à l'annexe A.

4.5.4 Essai de tension alternative après l'essai de choc

A la fin de l'essai décrit en 4.5.2, le tronçon de câble est soumis à un essai diélectrique à fréquence industrielle, à la température ambiante ou à toute température intermédiaire durant le refroidissement, au choix du fabricant.

L'essai doit être celui de l'article 2.5. Aucune perforation de l'isolation du câble ne doit se produire.

4.5 Lightning impulse voltage test

4.5.1 General

The lightning impulse voltage test shall be made on a sample of cable which has already been submitted to the bending test in the conditions and with the procedures specified in 3.2.1.

If the test assembly includes joints, see clause 7.2. After the impulse voltage test, the cable sample shall be submitted to the a.c. voltage test specified in 4.5.4. The minimum length between the end-plates of the sealing ends shall be 10 m.

4.5.2 Impulse test procedure and requirements

The impulse voltage test shall be carried out after the sample has been heated in accordance with the requirements specified in 4.5.3.

The cable shall be maintained at the test temperature for at least 2 h, then one core shall be subjected to 10 positive and 10 negative impulses, applied between conductor and core screen. The peak value of the impulse test voltage (see 1.5.2) shall be equal to the value declared under 1.6.1.1 b).

The calibration of the impulse generator and the detailed test procedure shall be in accordance with the requirements of IEC 230.

During the test, no breakdown of the cable insulation shall occur.

4.5.3 Test temperature

The test temperature shall be the maximum continuous operating temperature with a tolerance of +5 °C.

The manufacturer may choose any one of the heating methods described in annex A.

4.5.4 A.C. voltage test after the impulse test

After completion of the test described under 4.5.2, the sample shall be subjected to a power-frequency high-voltage test at ambient temperature or at any temperature during cooling, at the option of the manufacturer.

The test shall be that specified in clause 2.5. No breakdown of the cable insulation shall occur.

SECTION 5: ESSAIS INDIVIDUELS SUR ACCESSOIRES

5.1 Généralités

Les essais spécifiés aux articles 5.2 et 5.3 doivent être effectués sur chaque accessoire fourni au titre d'un contrat suivant l'article qui s'y rapporte.

5.2 Boîtes de jonctions et d'extrémités

Chaque sous-ensemble de boîte de jonction ou d'extrémité, par exemple porcelaine, ou sous-ensemble comportant des soudures, doit subir une épreuve hydraulique, à température ambiante, durant 15 min, au double de la pression statique maximale prévue au projet (voir 1.6.1.10). Jusqu'à la fin de cette épreuve, il ne doit se produire aucune fuite.

NOTE - Si la pression prévue au projet est supérieure à 800 kPa (8,0 bar) par accord entre le fabricant et l'acheteur, la pression d'épreuve pourra être inférieure au double de la pression statique maximale prévue au projet, mais en aucun cas elle ne sera inférieure à 1 600 kPa (16 bar).

5.3 Réservoirs de pression – Epreuve hydraulique

Chaque réservoir doit être soumis à une épreuve de pression à 1,1 fois la pression statique maximale prévue au projet. Cette épreuve doit être effectuée à la température ambiante avant l'application du revêtement de surface, si celui-ci est susceptible de masquer une fuite éventuelle.

Aucune fuite ne doit être décelée après l'application de la pression pendant 8 h.

5.4 Manomètres

L'essai qui suit doit être supprimé s'il existe un procès-verbal d'essai du fabricant du manomètre. Chaque manomètre monté verticalement doit être essayé à une température de $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ sur toute sa plage de mesure, les lectures étant faites en pression croissante et décroissante.

L'erreur sur l'indication de pression, en tout point compris entre 10 % et 90 %, de la déviation maximale, devra être inférieure à 1 % de la déviation maximale, et pour le reste de l'échelle, 1,5 % de cette déviation maximale.

Après l'essai ci-dessus, la pression doit être portée à une valeur supérieure de 25 % à celle de la déviation maximale et ensuite ramenée immédiatement à zéro.

On doit alors essayer à nouveau le manomètre pour vérifier sa précision, en suivant la méthode spécifiée au premier alinéa du présent article.

5.5 Manomètres avertisseurs

L'essai qui suit doit être supprimé s'il existe un procès-verbal d'essai du fabricant de l'appareil. Les pressions de déclenchement du manomètre à contact électrique seront vérifiées et ne devront pas différer des valeurs affichées de plus de $\pm 2\%$ de la déviation maximale.

SECTION 5: ROUTINE TESTS ON ACCESSORIES

5.1 General

The tests specified in clauses 5.2 and 5.3 shall be made on each accessory to be supplied under a contract to which the particular clause refers.

5.2 Joint and sealing-end assemblies

Each joint and sealing-end sub-assembly, e.g. porcelain, and sub-assembly having welded joints, shall be tested hydraulically at ambient temperature for 15 min at twice the maximum static design pressure (see 1.6.1.10). At the conclusion of the test no leakage shall have occurred.

NOTE - If the design pressure exceeds 800 kPa (8,0 bar) by agreement between the manufacturer and the purchaser, the test pressure may be lower than twice the maximum static design pressure but in no case less than 1 600 kPa (16 bar).

5.3 Pressure tanks – Hydraulic test

A hydraulic pressure equal to 1,1 times the maximum static design pressure of the tank shall be applied at ambient temperature to all tanks and this is to be done before the outer protection is applied, if the outer protection is likely to disguise the existence of a leak.

No leaks shall be visible after the pressure has been applied for 8 h.

5.4 Pressure gauges

This test shall be omitted if a test certificate from the pressure gauge manufacturer is available. Each gauge installed in a vertical plane shall be tested at a temperature $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ over its entire scale, taking readings with increasing and decreasing pressure.

The error in pressure indication, at any point above 10 % and below 90 %, of the maximum scale graduation, shall not exceed 1 % of the maximum scale graduation and, for the remainder of the scale, 1,5 % of the maximum scale graduation.

After the above test, the pressure shall be raised to a value of 25 % above the maximum scale reading and then immediately released to zero.

The gauge shall then be re-tested for accuracy in accordance with the procedure specified in the first two paragraphs of this clause.

5.5 Alarm pressure gauges

This test shall be omitted if a test certificate from the pressure gauge manufacturer is available. The tripping pressures of the electrical contact gauge shall be checked and shall not vary by more than $\pm 2\%$ of the full-scale value from the nominal settings.

SECTION 6: ESSAIS SPÉCIAUX SUR ACCESSOIRES

6.1 Réservoirs de pression – Essai pression/volume

Cet essai doit être effectué sur 10 % du nombre des réservoirs du contrat et au minimum sur deux réservoirs. La caractéristique pression/volume est vérifiée sur le réservoir qui a au préalable été soumis à l'essai spécifié à l'article 5.3.

Par caractéristique pression/volume, on entend la courbe dont l'abscisse est la pression et l'ordonnée le volume d'huile prélevé sur le réservoir. Cette courbe est valable à une température donnée, par exemple 20 °C, et entre deux limites de pression, par exemple entre 30 kPa (0,3 bar) et 180 kPa (1,8 bar).

L'essai doit être exécuté comme suit:

Le réservoir est rempli à sa pression maximale; ensuite, toujours à la même température donnée, des volumes d'huile sont successivement prélevés et mesurés et les valeurs correspondantes de la pression sont notées jusqu'à ce que la pression minimale soit atteinte.

Les volumes d'huile ainsi obtenus ne doivent pas être inférieurs à 90 % des valeurs nominales qui figurent sur la courbe caractéristique du type de réservoir essayé.

SECTION 7: ESSAIS DE TYPE SUR ACCESSOIRES

7.1 Généralités

Les essais spécifiés aux articles 7.3 et 7.4 sont destinés à vérifier que les caractéristiques de fonctionnement du modèle de base de l'accessoire considéré sont conformes aux prescriptions spécifiées. Ces essais peuvent faire l'objet d'une dispense partielle ou totale, pour celui ou ceux d'entre eux qui ont été effectués précédemment sur un accessoire de «construction similaire» à celle des accessoires de contrat, et pour lesquels le fabricant peut produire un procès-verbal.

Un accessoire est dit de «construction similaire» si ses caractéristiques se comparent de la manière suivante avec celles de l'accessoire du contrat pour chacun des essais (avec une tolérance de 5 %, sauf spécification contraire ci-dessous).

Essai diélectrique de sécurité (article 7.4)

- a) Tension nominale égale à U_0 à $\pm 10\%$ près.
- b) Même nombre de conducteurs.
- c) Température maximale admissible de l'âme conductrice du câble égale ou supérieure.
- d) Pression d'huile minimale admissible égale ou inférieure.
- e) Même principe de fonctionnement électrique et structure semblable.
- f) Diamètre de l'âme conductrice du câble égal ou supérieur.
- g) Ame du câble de forme géométrique semblable.

Essai de tension de choc (article 7.3)

Comme ci-dessus pour l'essai de sécurité diélectrique, avec la prescription complémentaire suivante:

- h) l'accessoire a été essayé à une tension égale ou supérieure à U_p .

SECTION 6: SPECIAL TESTS ON ACCESSORIES

6.1 Pressure tanks – Pressure/volume test

This test shall be carried out on 10 % of the number of pressure tanks in the contract, but in any case on not less than two. After the test specified in clause 5.3 has been completed, the pressure/volume characteristic of the tank shall be checked.

The pressure/volume characteristic is defined as the curve having the pressure as abscissa and the volume of oil available from the tank as ordinate. Such a curve is valid at a given temperature, e.g. 20 °C, and between two pressure limits, e.g. between 30 kPa (0,3 bar) and 180 kPa (1,8 bar) gauge.

The test shall be carried out as follows:

The tank is filled so that its pressure is at the highest limit; then, always operating at the same given temperature, measured volumes of oil are successively drawn off and the corresponding pressure values noted until the lower pressure limit is reached.

The oil volumes so obtained shall not fall below 90 % of the nominal values represented by the characteristic curve of the type of tank being tested.

SECTION 7: TYPE TESTS ON ACCESSORIES

7.1 General

The tests specified in clauses 7.3 and 7.4 are intended to demonstrate the satisfactory performance characteristics of the basic accessory design to meet the specified requirements. Any or all of the tests may be omitted provided that the test or tests has or have previously been made on an accessory of "similar design" to the accessories included in the contract and the manufacturer produces a certificate to this effect.

An accessory of "similar design" is defined as an accessory with the following characteristics compared to the contract accessory for each of the tests as follows (a tolerance of 5 % is accepted unless otherwise specified).

Dielectric security test (clause 7.4)

- a) Rated voltage U_0 within $\pm 10\%$.
- b) The same number of cores.
- c) Maximum permissible cable conductor temperature equal to or higher.
- d) Minimum permissible oil pressure equal to or lower.
- e) A similar general construction and electrical design.
- f) Cable conductor diameter equal to or greater.
- g) Similar cable conductor shape.

Lightning impulse voltage test (clause 7.3)

As defined for the dielectric security test but with the following additional requirement:

- h) the accessory has been tested at a voltage equal to U_p or greater.

7.2 Prescription de l'essai

La longueur de câble prise pour l'essai doit normalement être un prélèvement du câble auquel les accessoires seront associés dans l'installation; cependant, par accord entre l'acheteur et le fabricant, il est admis d'employer un câble de tension spécifiée supérieure. Dans le premier cas, l'essai est considéré valide à la fois pour le câble et pour les accessoires, à condition que le câble satisfasse complètement par ailleurs aux prescriptions des articles 4.4 et 4.5 et que la longueur de câble interposée entre accessoires successifs soit de 5 m au moins.

7.3 Essai de tension de choc

L'essai de tension de choc doit être effectué selon les prescriptions de 4.5.2 et 4.5.3, la température étant vérifiée au point le plus chaud du câble et non de l'accessoire.

Il ne doit se produire ni perforation d'isolant ni contournement des boîtes d'extrémités en aucun point de l'installation d'essai. Les éclateurs à corne ou à anneau peuvent être démontés avant l'essai s'ils ne font pas partie intégrante du matériel proposé.

7.4 Essai diélectrique de sécurité

L'essai diélectrique de sécurité spécifié à l'article 4.4 doit être effectué. Il ne doit se produire ni claquage ni contournement des boîtes d'extrémités en aucun point de l'installation d'essai.

SECTION 8: ESSAIS APRÈS POSE

8.1 Généralités

A l'achèvement du contrat, l'installation complète doit être soumise aux essais hydrauliques et électriques décrits dans les articles 8.2 à 8.5.

8.2 Essai d'écoulement d'huile

A l'étude.

8.3 Coefficient d'imprégnation

A l'étude.

8.4 Essai diélectrique

L'installation ayant été mise à la pression d'huile prévue au projet, le câble, ses jonctions et boîtes d'extrémités formant un circuit complet doivent être soumis à un essai en courant continu, la tension étant appliquée pendant 15 min entre chaque âme et l'écran. Le circuit doit supporter une tension d'essai qui correspond à la plus faible des valeurs prises, soit parmi celles données ci-dessous (voir le tableau 2, page 44), soit à 50 % de la tension de choc spécifiée (voir 1.6.1.1 b)):

- 4,5 U_0 pour les câbles de U_0 inférieure ou égale à 64 kV;
- 4 U_0 pour les câbles de U_0 comprise entre 64 kV et 130 kV;
- 3,5 U_0 pour les câbles de U_0 supérieure à 130 kV.

7.2 Test requirement

The cable length used for testing shall normally be a sample of the cable with which the accessories will be associated in the installation; it may, however, be a cable of higher voltage rating if agreed by the purchaser and the manufacturer. In the first case, the test shall be considered valid both for the cable and the accessories, provided that for the cable the requirements of clauses 4.4 and 4.5 are fully complied with, and that the length of cable between the ends of adjacent accessories is not less than 5 m.

7.3 Lightning impulse voltage test

The lightning impulse voltage test shall be made as specified in 4.5.2 and 4.5.3, the temperature at the hottest point of the cable being controlled and not that of the accessory.

No breakdown in any part of the test assembly or flashover of the sealing ends shall occur. Arcing horns or rings may be removed before the test if they do not form an integral part of the equipment under test.

7.4 Dielectric security test

The dielectric security test specified in clause 4.4 shall be made. No breakdown in any part of the test assembly or flashover of the sealing ends shall occur.

SECTION 8: TESTS AFTER INSTALLATION

8.1 General

On completion of the contract, the complete installation shall be subjected to the hydraulic and electrical tests described in clauses 8.2 to 8.5.

8.2 Oil-flow test

Under consideration.

8.3 Impregnation coefficient

Under consideration.

8.4 High-voltage test

After the system has been brought up to its design oil pressure, the cable, joints and sealing ends forming a complete circuit shall be tested with d.c., the voltage being applied between each conductor and screen for a period of 15 min. The circuit shall withstand a voltage equal to either the values given below (see table 2, page 45), or 50 % of the specified lightning impulse withstand voltage (see 1.6.1.1 b)) whichever is the lower:

- 4,5 U_0 for cables with U_0 not exceeding 64 kV;
- 4 U_0 for cables with U_0 exceeding 64 kV but not exceeding 130 kV;
- 3,5 U_0 for cables with U_0 exceeding 130 kV.

Si le câble se termine par des entrées de transformateur ou d'appareillage sous enveloppe, l'essai ci-dessus suppose un accord entre l'acheteur, le fabricant de l'appareil et le fabricant de câble.

NOTE - S'il se produit un contournement, il peut en résulter une onde de surtension transitoire dans le câble. Si le niveau de cette tension transitoire dépasse le niveau de tenue garanti (voir 1.6.1.1 b)), il peut provoquer un claquage de câble ou d'accessoire. Il est donc essentiel que toutes les précautions soient prises pour éviter tout contournement sur les boîtes d'extrémités et autres équipements.

8.5 Essais de revêtements anticorrosion

Les gaines extérieures extrudées utilisées dans des réseaux à écran isolé doivent être essayées selon 5.1 de la CEI 229.

Tableau 1 – Prescriptions pour les mesures de l'angle de pertes diélectriques

Tension assignée U_0 kV	Câbles avec écran autre que le papier au noir de carbone					Câbles avec écran en papier au noir de carbone				
	Angle maximal de pertes diélectriques			Différence maximale de l'angle de pertes diélectriques		Angle maximal de pertes diélectriques			Différence maximale de l'angle de pertes diélectriques	
	$\times 10^{-4}$			$\times 10^{-4}$		$\times 10^{-4}$			$\times 10^{-4}$	
	A U_0	A $1,67 U_0$	A $2 U_0$	Entre U_0 et $1,67 U_0$	Entre U_0 et $2 U_0$	A U_0	A $1,67 U_0$	A $2 U_0$	Entre U_0 et $1,67 U_0$	Entre U_0 et $2 U_0$
Jusqu'à 36	35	—	43	—	10	35	—	55	—	24
64	33	—	40	—	8	33	—	45	—	14
76	33	—	40	—	8	33	—	45	—	14
87	33	—	40	—	8	33	—	45	—	14
127	30	34	—	5	—	30	36	—	7	—
160	30	34	—	5	—	30	36	—	7	—
190	28	31	—	4	—	28	34	—	7	—
220	28	31	—	4	—	28	34	—	7	—
Les tensions assignées données dans ce tableau sont celles recommandées dans la CEI 183. Pour d'autres valeurs de tension assignée, les valeurs de l'angle de pertes diélectriques devront être obtenues par interpolation.										

If the cable is to end in a transformer or in enclosed switchgear, this test requires an agreement to be reached between the purchaser, the manufacturer of the transformer or switchgear and the cable contractor.

NOTE - If a flashover occurs, a transient overvoltage may be produced in the cable line. Such a transient voltage, if higher than the guaranteed withstand level (see 1.6.1.1 b)), may cause a puncture in the cable or accessories. It is therefore important that all possible precautions are taken to prevent flashover of the sealing ends and other equipment.

8.5 Test on corrosion-resistant coverings

Extruded oversheaths used on insulated sheath systems shall be tested in accordance with 5.1 of IEC 229.

Table 1 – Dielectric loss angle test requirements

Rated voltage U_0 kV	Cables not screened with carbon-black paper					Cables screened with carbon-black paper				
	Maximum dielectric loss angle $\times 10^{-4}$			Maximum dielectric loss angle difference $\times 10^{-4}$		Maximum dielectric loss angle $\times 10^{-4}$			Maximum dielectric loss angle difference $\times 10^{-4}$	
	At U_0	At $1,67 U_0$	At $2 U_0$	Between U_0 and $1,67 U_0$	Between U_0 and $2 U_0$	At U_0	At $1,67 U_0$	At $2 U_0$	Between U_0 and $1,67 U_0$	Between U_0 and $2 U_0$
Up to 36	35	–	43	–	10	35	–	55	–	24
64	33	–	40	–	8	33	–	45	–	14
76	33	–	40	–	8	33	–	45	–	14
87	33	–	40	–	8	33	–	45	–	14
127	30	34	–	5	–	30	36	–	7	–
160	30	34	–	5	–	30	36	–	7	–
190	28	31	–	4	–	28	34	–	7	–
220	28	31	–	4	–	28	34	–	7	–
The rated voltages given in this table are those recommended in IEC 183. For other values of rated voltage, the values of dielectric loss angle will have to be obtained by interpolation.										

Tableau 2 – Valeurs normales des tensions de réseaux et des tensions d'essais recommandées pour les câbles à utiliser dans les réseaux triphasés

1	2	3	4	5	6	7
Tensions de réseaux			Tensions d'essais pour les câbles			
Valeurs nominales (à titre indicatif) (note 4)	Tension la plus élevée pour les équipements (note 4) U_m	Tension assignée des câbles U_0	Essai diélectrique (essai individuel)		Essai diélectrique de sécurité Courant alternatif	Essai après pose (note 5) Courant continu
			Courant alternatif	Courant continu		
kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV
30 33	36	18	46	111	45	81
45 47	52	26	62	149	65	117
60 66 69	72,5	36	82	197	90	162
110 115	123	64	138	330	160	290
132 138	145	76	162	390	190	305
150 161	170	87	184	440	220	350
220 230	245	127	220	528	320	510
275 287	300	160	275	665	375	560
330 345	362	190	325	780	430	665
380 400	420	220	375	900	480	770
(500)	(525)	(290)	(495)	(1 190)	(600)	(1 015)

NOTES

1 Voir également la CEI 71 et la CEI 183.

2 La dernière ligne de ce tableau sort du domaine d'application de cette norme et est donnée à titre provisoire et uniquement pour étude.

3 Les valeurs des colonnes 4, 5, 6 et 7 sont arrondies au kilovolt pour les tensions jusqu'à 200 kV et à 5 kV ou 10 kV respectivement pour les tensions supérieures à 200 kV.

4 Valeurs efficaces.

5 Voir l'article 8.4

Table 2 – Standard values of system voltages and test voltages recommended
for cables to be used in three-phase systems

1	2	3	4	5	6	7
System voltages			Test voltages for cables			
Nominal values (for information only) (note 4)	Highest voltages for equipment (note 4) U_m	Rated voltage of cables U_0	High-voltage test (routine test)		Dielectric security test a.c.	Test after installation (note 5) d.c.
			a.c.	d.c.		
kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV
30 33	36	18	46	111	45	81
45 47	52	26	62	149	65	117
60 66 69	72,5	36	82	197	90	162
110 115	123	64	138	330	160	290
132 138	145	76	162	390	190	305
150 161	170	87	184	440	220	350
220 230	245	127	220	528	320	510
275 287	300	160	275	665	375	560
330 345	362	190	325	780	430	665
380 400	420	220	375	900	480	770
(500)	(525)	(290)	(495)	(1 190)	(600)	(1 015)
NOTES 1 See also IEC 71 and IEC 183. 2 The last line of this table is outside the scope of this standard and is given provisionally for study purposes only. 3 The values in columns 4, 5, 6 and 7 are rounded off to full kilovolt values for voltages up to and including 200 kV and to 5 kV or 10 kV values, respectively, for voltages exceeding 200 kV. 4 R.M.S. 5 See clause 8.4						

Annexe A **(normative)**

Méthodes de chauffage des tronçons de câbles

A.1 Méthodes de chauffage

La température du tronçon de câble est élevée lentement aux températures d'essai en chauffant:

- a) soit la gaine métallique seule;
- b) soit l'âme ou les âmes conductrices et la gaine métallique;
- c) soit l'âme ou les âmes conductrices seulement.

L'échauffement de la gaine métallique dans les cas a) et b) peut être obtenu par toute méthode, électrique ou non, au choix du fabricant; l'échauffement de l'âme conductrice dans les cas b) et c) est obtenu par passage d'un courant électrique. Dans tous les cas, la gaine peut être recouverte d'une isolation thermique convenable.

A.2 Réglage des températures

Dans les trois cas a), b) et c):

A.2.1 la température de la gaine métallique est déterminée par des thermocouples convenablement placés;

A.2.2 la température de l'âme conductrice est déterminée par l'une des méthodes suivantes:

- a) mesure directe de la température de l'âme, par exemple au moyen de thermocouples placés dans le canal d'huile (si cela est possible);
- b) mesure directe (par thermocouples) de la température de la gaine métallique, à laquelle est ajoutée la chute de température dans l'isolation, celle-ci étant calculée comme le produit des pertes dans l'âme à la température de l'essai par la résistance thermique de l'isolation (voir 1.6.1.8);
- c) mesure de la résistance de l'âme en courant continu (si elle est possible) et calcul de la température de l'âme.

Annex A **(normative)**

Methods of heating cable samples

A.1 Heating methods

The cable sample is brought slowly to the test temperatures by heating either:

- a) the metallic sheath only;
- b) or the conductor(s) and metallic sheath;
- c) or the conductor(s) only.

Heating of the metallic sheath in cases a) and b) may be effected by any (electrical or non-electrical) method, at the manufacturer's choice; heating of the conductors in cases b) and c) is by electric current. In all cases, the sheath may be covered by a suitable thermal insulation.

A.2 Control of the temperatures

In all cases a), b) and c):

A.2.1 the temperature of the metallic sheath is determined by thermocouples placed at suitable points;

A.2.2 the temperature of the conductor is determined by one of the following methods:

- a) direct conductor temperature measurement e.g. by thermocouples placed (when possible) in the oil duct;
 - b) direct measurement (by thermocouples) of the temperature of the metallic sheath and addition of the temperature drop in the insulation, which is calculated as the product of the conductor losses at the test temperature and the thermal resistance of the insulation (see 1.6.1.8);
 - c) conductor d.c. resistance measurement (if applicable) and calculation of the conductor temperature.
-

ICS 29.060.20
