

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
840**

Première édition
First edition
1988

**Essais des câbles de transport d'énergie
à isolation extrudée pour des tensions
assignées supérieures à 30 kV ($U_m = 36$ kV)
et jusqu'à 150 kV ($U_m = 170$ kV)**

**Tests for power cables with extruded insulation
for rated voltages above 30 kV ($U_m = 36$ kV)
up to 150 kV ($U_m = 170$ kV)**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 840: 1988

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
840

Première édition
First edition
1988

**Essais des câbles de transport d'énergie
à isolation extrudée pour des tensions
assignées supérieures à 30 kV ($U_m = 36$ kV)
et jusqu'à 150 kV ($U_m = 170$ kV)**

**Tests for power cables with extruded insulation
for rated voltages above 30 kV ($U_m = 36$ kV)
up to 150 kV ($U_m = 170$ kV)**

© CEI 1988 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

T

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	8
1.1 Généralités	8
1.2 Tensions assignées	8
1.3 Relations entre tensions d'essai et tensions assignées	8
1.4 Matériaux isolants	8
1.5 Précautions contre l'entrée d'eau	10
1.6 Matériaux pour gaines non métalliques	10
2. Conditions d'essai	10
2.1 Température ambiante	10
2.2 Fréquence et forme d'onde des tensions d'essai à fréquence industrielle	10
2.3 Forme d'onde des tensions d'essai de choc	10
3. Essais individuels	12
3.1 Généralités	12
3.2 Essai de décharges partielles	12
3.3 Essai de tension	12
3.4 Essai électrique sur une gaine non métallique	12
4. Essais spéciaux	12
4.1 Généralités	12
4.2 Fréquence des essais	14
4.3 Répétition des essais	14
4.4 Examen de l'âme conductrice	14
4.5 Mesure de la résistance électrique de l'âme	14
4.6 Mesure de l'épaisseur de l'enveloppe isolante et de celle des gaines non métalliques	14
4.7 Mesure de l'épaisseur de la gaine métallique	16
4.8 Mesure des diamètres	18
4.9 Essai d'allongement à chaud des enveloppes isolantes en EPR et en XLPE	18
4.10 Mesure de la capacité	18
4.11 Mesure de la masse volumique des enveloppes isolantes en HDPE	18
5. Essais de type	18
5.1 Généralités	18
5.2 Étendue de l'approbation de type	20
5.3 Résumé des essais de type	20
5.4 Vérification de l'épaisseur de l'enveloppe isolante sur le câble soumis aux essais électriques de type	22
5.5 Essais électriques sur câble complet	22
5.6 Essais de type sur les constituants du câble	26
6. Essais de tension après pose	32
6.1 Isolation	32
6.2 Gainés non métalliques	32
TABLEAUX I à VIII	34
ANNEXE A — Arrondissement des nombres	44
ANNEXE B — Méthode de mesure de la résistivité des écrans semi-conducteurs	46

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	9
1.1 General	9
1.2 Rated voltages	9
1.3 Relationship of test voltages to rated voltages	9
1.4 Insulating materials	9
1.5 Precautions against water penetration	11
1.6 Non-metallic sheathing materials	11
2. Test conditions	11
2.1 Ambient temperature	11
2.2 Frequency and waveform of power frequency test voltages	11
2.3 Waveform of impulse test voltage	11
3. Routine tests	13
3.1 General	13
3.2 Partial discharge test	13
3.3 Voltage test	13
3.4 Electrical test on non-metallic sheath	13
4. Special tests	13
4.1 General	13
4.2 Frequency of tests	15
4.3 Repetition of tests	15
4.4 Conductor examination	15
4.5 Measurement of electrical resistance of conductor	15
4.6 Measurement of thickness of insulation and non-metallic sheath	15
4.7 Measurement of thickness of metallic sheath	17
4.8 Measurement of diameter	19
4.9 Hot set test for XLPE and EPR insulation	19
4.10 Measurement of capacitance	19
4.11 Measurement of density of HDPE insulation	19
5. Type tests	19
5.1 General	19
5.2 Range of type approval	21
5.3 Summary of type tests	21
5.4 Check on insulation thickness of cable for electrical type tests	23
5.5 Electrical tests on complete cable	23
5.6 Type tests on cable components	27
6. Electrical tests after installation	33
6.1 Insulation	33
6.2 Non-metallic sheaths	33
TABLES I to VIII	35
APPENDIX A — Rounding of numbers	45
APPENDIX B — Method of measuring resistivity of semiconducting screens	47

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ESSAIS DES CÂBLES DE TRANSPORT D'ÉNERGIE
À ISOLATION EXTRUDÉE
POUR DES TENSIONS ASSIGNÉES SUPÉRIEURES
À 30 kV ($U_m = 36$ kV) ET JUSQU'À 150 kV ($U_m = 170$ kV)**

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 20A: Câbles de haute tension, du Comité d'Etudes n° 20 de la CEI: Câbles électriques.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
20A(BC)99	20A(BC)105

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

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

- Publications n° 60: Techniques des essais à haute tension.
- 183 (1984): Guide pour le choix des câbles à haute tension.
 - 228 (1978): Ames des câbles isolés.
 - 229 (1982): Essais sur les gaines extérieures des câbles, qui ont une fonction spéciale de protection et sont appliquées par extrusion.
 - 230 (1966): Essais de choc des câbles et de leurs accessoires.
 - 332-1 (1979): Essais des câbles électriques soumis au feu, Première partie: Essai effectué sur un câble vertical.
 - 502 (1983): Câbles de transport d'énergie isolés par diélectriques massifs extrudés pour des tensions assignées de 1 kV à 30 kV.
 - 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.
 - 811-1-2 (1985): Section deux — Méthodes de vieillissement thermique.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

TESTS FOR POWER CABLES WITH EXTRUDED INSULATION FOR RATED VOLTAGES ABOVE 30 kV ($U_m = 36$ kV) UP TO 150 kV ($U_m = 170$ kV)

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 20A: High-voltage cables, of IEC Technical Committee No. 20: Electric cables.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
20A(CO)99	20A(CO)105

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

The following IEC publications are quoted in this standard:

- Publications Nos. 60: High-voltage test techniques.
- 183 (1984): Guide to the selection of high-voltage cables.
- 228 (1978): Conductors of insulated cables.
- 229 (1982): Tests on cable oversheaths which have a special protective function and are applied by extrusion.
- 230 (1966): Impulse tests on cables and their accessories.
- 332-1 (1979): Tests on electric cables under fire conditions, Part 1: Test on a single vertical insulated wire or cable.
- 502 (1983): Extruded solid dielectric insulated power cables for rated voltages from 1 kV to 30 kV.
- 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.
- 811-1-2 (1985): Section Two — Thermal ageing methods.

- 811-1-3 (1985): Section trois — Méthodes de détermination de la masse volumique — Essais d'absorption d'eau — Essai de rétraction.
- 811-1-4 (1985): Section quatre — Essais à basse température.
- 811-2-1 (1986): Deuxième partie: Méthodes spécifiques pour les mélanges élastomères. Section un — Essai de résistance à l'ozone — Essai d'allongement à chaud — Essai de résistance à l'huile.
- 811-3-1 (1985): Troisième partie: Méthodes spécifiques pour les mélanges PVC. Section un — Essai de pression à température élevée — Essais de résistance à la fissuration.
- 811-3-2 (1985): Section deux — Essai de perte de masse — Essai de stabilité thermique.
- 811-4-1 (1985): Quatrième partie: Méthodes spécifiques pour les mélanges polyéthylène et polypropylène. Section un — Résistance aux craquelures sous contraintes dues à l'environnement — Essai d'enroulement après vieillissement thermique dans l'air — Mesure de l'indice de fluidité à chaud — Mesure dans le PE du taux de noir de carbone et/ou des charges minérales.
- 885-2 (1987): Méthodes d'essais électriques pour les câbles électriques, Deuxième partie: Essais de décharges partielles.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60840:1988

- 811-1-3 (1985): Section Three — Methods for determining the density — Water absorption tests — Shrinkage test.
- 811-1-4 (1985): Section Four — Tests at low temperature.
- 811-2-1 (1986): Part 2: Methods specific to elastomeric compounds. Section One — Ozone resistance test — Hot set test — Mineral oil immersion test.
- 811-3-1 (1985): Part 3: Methods specific to PVC compounds. Section One — Pressure test at high temperature — Tests for resistance to cracking.
- 811-3-2 (1985): Section Two — Loss of mass test — Thermal stability test.
- 811-4-1 (1985): Part 4: Methods specific to polyethylene and polypropylene compounds. Section One — Resistance to environmental stress cracking — Wrapping test after thermal ageing in air — Measurement of the melt flow index — Carbon black and/or mineral content measurement in PE.
- 885-2 (1987): Electrical test methods for electric cables, Part 2: Partial discharge tests.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60840:1988

**ESSAIS DES CÂBLES DE TRANSPORT D'ÉNERGIE
À ISOLATION EXTRUDÉE
POUR DES TENSIONS ASSIGNÉES SUPÉRIEURES
À 30 kV ($U_m = 36$ kV) ET JUSQU'À 150 kV ($U_m = 170$ kV)**

1. Domaine d'application

1.1 Généralités

La présente norme spécifie les prescriptions d'essais des câbles de transport d'énergie pour installations fixes, avec enveloppes isolantes extrudées, des types énumérés au paragraphe 1.4 pour des tensions assignées, U , supérieures à 30 kV ($U_m = 36$ kV) et jusqu'à 150 kV compris ($U_m = 170$ kV).

Les prescriptions sont applicables aux câbles destinés à des conditions habituelles d'installation et de fonctionnement, mais ne le sont pas à des câbles spéciaux, comme les câbles sous-marins, pour lesquels il peut être nécessaire d'apporter des modifications aux essais normaux ou d'élaborer des conditions d'essai particulières.

Les essais d'accessoires ne sont pas compris dans la présente norme.

1.2 Tensions assignées

Dans cette norme, les symboles U_o , U et U_m sont utilisés pour désigner les tensions assignées des câbles, chaque fois que ces symboles ont la signification donnée dans la Publication 183 de la CEI.

1.3 Relations entre tensions d'essai et tensions assignées

Lorsque les tensions d'essai sont spécifiées dans cette norme comme étant des multiples de la tension assignée U_o , la valeur de U_o pour la détermination des tensions d'essai doit être conforme au tableau I.

Pour des câbles dont la tension assignée ne figure pas dans le tableau, la valeur de U_o pour la détermination des tensions d'essai peut être la même que pour la tension assignée la plus proche donnée, à condition que la valeur de U_m pour le câble ne soit pas supérieure à la valeur correspondante du tableau. Dans le cas contraire, et en particulier si la tension assignée n'est pas proche d'une des valeurs du tableau, la valeur de U_o , sur laquelle sont basées les tensions d'essai, sera égale à la valeur assignée spécifique du câble, à savoir U divisée par $\sqrt{3}$.

Les tensions d'essai figurant dans la norme sont fondées sur l'hypothèse que les câbles seront utilisés sur des réseaux de la catégorie A, telle que définie dans la Publication 183 de la CEI.

1.4 Matériaux isolants

La présente norme s'applique aux câbles isolés au moyen des matériaux énumérés dans le tableau suivant, qui spécifie également pour les câbles, avec chaque type d'isolant, les températures maximales de service de l'âme* servant de base aux conditions d'essai spécifiées.

* Dans la suite du texte, on utilise indifféremment «âme» ou «âme conductrice».

**TESTS FOR POWER CABLES WITH EXTRUDED INSULATION
FOR RATED VOLTAGES
ABOVE 30 kV ($U_m = 36$ kV) UP TO 150 kV ($U_m = 170$ kV)**

1. Scope

1.1 General

This standard specifies test requirements for power cables for fixed installations with extruded insulation of the types listed in Sub-clause 1.4 for rated voltages, U , above 30 kV ($U_m = 36$ kV) up to and including 150 kV ($U_m = 170$ kV).

The requirements apply to cables for usual conditions of installation and operation, but not to special cables, such as submarine cables, for which modifications to the standard tests may be necessary or special test conditions may need to be devised.

Tests for accessories are not included in this standard.

1.2 Rated voltages

In this standard the symbols U_0 , U and U_m are used to designate the rated voltages of cables, where these symbols have the meanings given in IEC Publication 183.

1.3 Relationship of test voltages to rated voltages

Where test voltages are specified in this standard as multiples of the rated voltage U_0 , the value of U_0 for the determination of the test voltages shall be as specified in Table I.

For cables of rated voltage not shown in the table, the value of U_0 for determination of test voltages may be the same as for the nearest rated voltage which is given, provided that the value of U_m for the cable is not higher than the corresponding value in the table. Otherwise, and particularly if the rated voltage is not close to one of the values in the table, the value of U_0 on which the test voltages are based shall be the specific rated value, i.e. U divided by $\sqrt{3}$, for the cable.

The test voltages in the standard are based on the assumption that the cables will be used on systems of Category A, as defined in IEC Publication 183.

1.4 Insulating materials

This standard applies to cables insulated with the materials listed in the following table, which also specifies for cables with each type of insulant the maximum operating conductor temperatures on which the specified test conditions are based.

Mélange isolant	Température maximale de l'âme	
	Service normal ¹⁾ (°C)	Court-circuit (durée maximale 5 s) (°C)
Polyéthylène thermoplastique à basse densité (PE)	70	130 ²⁾
Polyéthylène thermoplastique à haute densité (HDPE)	80	160 ²⁾
Polyéthylène réticulé (XLPE)	90	250
Caoutchouc d'éthylène propylène (EPR)	90	250

Notes 1.— La possibilité de fixer des températures maximales en régime de secours pour des périodes limitées ainsi que la nécessité d'une prescription d'essai correspondante sont à l'étude. Actuellement, le fonctionnement des câbles essayés selon cette norme à des températures plus élevées n'est pas recommandé.

2.— Pour le PE et le HDPE, des températures de court-circuit dépassant de 20°C au plus les températures indiquées peuvent être acceptées si des couches semi-conductrices convenables sont utilisées sur l'âme et sur l'enveloppe isolante, et après accord avec le fabricant.

1.5 Précautions contre l'entrée d'eau

A défaut d'un essai disponible de pénétration radiale de l'eau, une barrière imperméable à l'eau est recommandée autour du câble. Des essais de pénétration longitudinale de l'eau sont à l'étude.

1.6 Matériaux pour gaines non métalliques

Les essais sont spécifiés pour quatre types de gaine non métallique comme suit:

ST1 et ST2 à base de PVC

ST3 et ST4 à base de polyéthylène

Le choix du type de gaine dépendra de la conception du câble et de ses propriétés mécaniques et thermiques en fonctionnement.

Note.— Les températures limites figurant dans la Publication 502 de la CEI ne s'appliquent pas obligatoirement à cette norme.

2. Conditions d'essai

2.1 Température ambiante

Sauf spécification contraire précisée pour chaque essai particulier, les essais doivent être effectués à une température ambiante de $20 \pm 15^\circ\text{C}$.

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

La fréquence des tensions alternatives d'essai ne doit être ni inférieure à 49 Hz ni supérieure à 61 Hz. La forme d'onde de ces tensions doit être pratiquement sinusoïdale. Les valeurs indiquées sont des valeurs efficaces.

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

Conformément à la Publication 230 de la CEI, la durée conventionnelle du front de l'onde de choc doit être comprise entre 1 μs et 5 μs et la durée jusqu'à la moitié de la valeur de crête comprise entre 40 μs et 60 μs ; l'onde de choc doit, en outre, être conforme à la Publication 60 de la CEI.

Insulating compound	Maximum conductor temperature	
	Normal operation ¹⁾ (°C)	Short circuit (5 s maximum duration) (°C)
Low density thermoplastic polyethylene (PE)	70	130 ²⁾
High density thermoplastic polyethylene (HDPE)	80	160 ²⁾
Cross-linked polyethylene (XLPE)	90	250
Ethylene propylene rubber (EPR)	90	250

Notes 1.— The possibility of allocating maximum temperatures for emergency operation for limited periods, together with the need for a corresponding test specification, is under consideration. At present the operation at higher temperatures of cables tested according to this standard is not recommended.

2.— For PE and HDPE, short circuit temperatures up to 20°C in excess of those shown may be acceptable with suitable semiconducting layers over the conductor and the insulation and by agreement with the manufacturer.

1.5 Precautions against water penetration

As tests for radial water penetration are not available, a water impermeable barrier around the cable is recommended. Tests concerning longitudinal water penetration are under consideration.

1.6 Non-metallic sheathing materials

Tests are specified for four types of non-metallic sheath as follows:

ST1 and ST2 based on PVC

ST3 and ST4 based on polyethylene

The choice of the type of sheath will depend on the design of the cable and the mechanical and thermal properties during operation.

Note.— The temperature limits given in IEC Publication 502 need not apply to this standard.

2. Test conditions

2.1 Ambient temperature

Unless otherwise specified in the details for the particular test, tests shall be made at an ambient temperature of $20 \pm 15^\circ\text{C}$.

2.2 Frequency and waveform of power frequency test voltages

The frequency of the alternating test voltages shall be in the range 49 Hz to 61 Hz. The waveform shall be substantially sinusoidal. The values quoted are r.m.s. values.

2.3 Waveform of impulse test voltage

In accordance with IEC Publication 230 the impulse wave shall have a virtual front time between 1 μs and 5 μs and a nominal time to half the peak value between 40 μs and 60 μs . In other respects the impulse pulse shall be in accordance with IEC Publication 60.

3. Essais individuels

3.1 Généralités

Les essais suivants doivent être effectués sur toutes les longueurs de câble terminé, afin de vérifier que chacune d'elles répond aux prescriptions.

- a) Essai de décharges partielles (paragraphe 3.2).
- b) Essai de tension (paragraphe 3.3).
- c) Essai électrique sur gaine non métallique, s'il est exigé (paragraphe 3.4).

L'application de l'essai du point c) ci-dessus à une gaine non métallique, lorsqu'il est prévu par le contrat particulier ou dans la commande, dépend de la fonction de la gaine dans l'installation (voir Publication 229 de la CEI). Pour cette raison, cet essai n'est effectué que s'il est exigé par le contrat particulier.

L'ordre de succession des essais est laissé à la discrétion du fabricant, selon ses possibilités d'essai.

3.2 Essai de décharges partielles

L'essai de décharges partielles doit être conforme à la Publication 885-2 de la CEI, excepté que la sensibilité telle que définie dans la Publication 885-2 sera égale à 10 pC au plus.

La tension d'essai doit être augmentée progressivement et maintenue à $1,75 U_0$ pendant 10 s puis lentement ramenée à $1,5 U_0$.

L'amplitude de la décharge à $1,5 U_0$ ne doit pas être supérieure à 10 pC.

3.3 Essai de tension

L'essai de tension doit être effectué à la température ambiante en appliquant une tension d'essai alternative à fréquence industrielle.

La tension d'essai doit être augmentée progressivement pour atteindre la valeur spécifiée qui sera maintenue pendant 30 min entre l'âme et l'écran métallique.

La tension d'essai doit être égale à $2,5 U_0$ (tableau I).

Il ne doit pas se produire de perforation de l'enveloppe isolante.

3.4 Essai électrique sur une gaine non métallique

Au cas où cela serait exigé dans un contrat particulier ou une commande, la gaine non métallique doit être soumise à l'essai électrique individuel spécifié dans la Publication 229 de la CEI.

4. Essais spéciaux

4.1 Généralités

Les essais suivants doivent être effectués sur des échantillons qui, pour les essais des points b) et g), peuvent être des longueurs complètes de câble enroulées sur touret, représentatives de lots.

- a) Examen de l'âme conductrice (paragraphe 4.4).
- b) Mesure de la résistance électrique de l'âme (paragraphe 4.5).
- c) Mesure de l'épaisseur de l'enveloppe isolante et de celle des gaines non métalliques (paragraphe 4.6).

3. Routine tests

3.1 General

The following tests shall be carried out on each manufactured length of cable, to check that the whole of each length complies with the requirements.

- a) Partial discharge test (Sub-clause 3.2).
- b) Voltage test (Sub-clause 3.3).
- c) Electrical test on non-metallic sheath, if required (Sub-clause 3.4).

The applicability of the test on the non-metallic sheath, in Item *c*) above, when the test is specified in the particular contract or order, depends upon the function of the sheath in the installation (see IEC Publication 229). Therefore this test shall only be carried out when required for the particular contract.

The order in which these tests are carried out is at the discretion of the manufacturer, to suit the testing arrangements.

3.2 Partial discharge test

The partial discharge test shall be carried out in accordance with IEC Publication 885-2, except that the sensitivity as defined in IEC Publication 885-2 shall be 10 pC or less.

The test voltage shall be raised to and held at $1.75 U_0$ for 10 s and then slowly reduced to $1.5 U_0$.

The magnitude of the discharge at $1.5 U_0$ shall not exceed 10 pC.

3.3 Voltage test

The voltage test shall be made at ambient temperature using an alternating test voltage at power frequency.

The test voltage shall be raised gradually to the specified value which shall then be held for 30 min between the conductor and metallic screen.

The test voltage shall be $2.5 U_0$ (Table I).

No breakdown of the insulation shall occur.

3.4 Electrical test on non-metallic sheath

If required for the particular contract or order, the non-metallic sheath shall be subjected to the routine electrical test specified in IEC Publication 229.

4. Special tests

4.1 General

The following tests shall be made on samples which, for the tests in Items *b*) and *g*), may be complete drum lengths of cable, taken to represent batches.

- a) Conductor examination (Sub-clause 4.4).
- b) Measurement of electrical resistance of conductor (Sub-clause 4.5).
- c) Measurement of thicknesses of insulation and non-metallic sheaths (Sub-clause 4.6).

- d) Mesure de l'épaisseur de la gaine métallique (paragraphe 4.7).
- e) Mesure des diamètres, si exigé (paragraphe 4.8).
- f) Essai d'allongement à chaud des enveloppes isolantes en XLPE et EPR (paragraphe 4.9).
- g) Mesure de la capacité (paragraphe 4.10).
- h) Mesure de la masse volumique des enveloppes isolantes en HDPE (paragraphe 4.11).

4.2 *Fréquence des essais*

Les essais spéciaux doivent être effectués sur une longueur de câble prise dans chaque série de fabrication de câbles de même type et de même dimension, le nombre de longueurs étant toutefois limité à 10%, arrondi à l'unité supérieure, du nombre total de longueurs stipulées dans tout contrat.

4.3 *Répétition des essais*

Dans le cas où l'un des échantillons choisis ne satisfait pas à l'un des essais prévus à l'article 4, de nouveaux échantillons sont prélevés sur deux autres longueurs de câble du même lot et sont soumis aux essais précédemment défectueux. Si ces deux contre-essais sont satisfaisants, l'ensemble des câbles du lot est considéré comme conforme aux prescriptions spécifiées. Si l'un ou l'autre des contre-essais est défectueux, le lot de câbles est considéré comme non conforme.

Le prélèvement et les essais sur de nouveaux échantillons sont alors sujets à discussion.

4.4 *Examen de l'âme conductrice*

On vérifie, par examen ou par mesure, que la construction de l'âme répond aux prescriptions de la Publication 228 de la CEI si celle-ci s'applique.

4.5 *Mesure de la résistance électrique de l'âme*

La longueur du câble complet, ou un échantillon prélevé sur celle-ci est placé dans le local d'essai, maintenu à une température sensiblement constante, pendant au moins 12 h avant l'essai. S'il est douteux que la température de l'âme soit égale à celle du local, sa résistance sera mesurée après un séjour de 24 h du câble dans le local d'essai. La résistance peut également être mesurée sur un échantillon de conducteur, conditionné pendant 1 h au moins dans un bain à température régulée.

La résistance en courant continu de l'âme doit être ramenée à la résistance d'une longueur de 1 km, à une température de 20°C, conformément à la Publication 228 de la CEI.

La résistance de l'âme en courant continu à 20°C ne doit pas être supérieure à la valeur maximale correspondante indiquée dans la Publication 228 de la CEI si celle-ci s'applique.

4.6 *Mesure de l'épaisseur de l'enveloppe isolante et de celle des gaines non métalliques*

4.6.1 *Généralités*

La méthode d'essai est décrite dans l'article 8 de la Publication 811-1-1 de la CEI.

Chaque longueur de câble choisie pour l'essai est représentée par un échantillon de câble prélevé à une extrémité après élimination éventuelle des parties endommagées.

- d) Measurement of thickness of metallic sheath (Sub-clause 4.7).
- e) Measurement of diameters, if required (Sub-clause 4.8).
- f) Hot set test for XLPE and EPR insulation (Sub-clause 4.9).
- g) Measurement of capacitance (Sub-clause 4.10).
- h) Measurement of density of HDPE insulation (Sub-clause 4.11).

4.2 *Frequency of tests*

The special tests shall be made on one length from each manufacturing series of the same type and size of cable, but shall be limited to not more than 10% of the number of lengths in any contract, rounded to the upper unity.

4.3 *Repetition of tests*

If the samples from any length selected for the tests should fail in any of the tests in this clause, further samples shall be taken from two further lengths of the same batch and subjected to the same tests as those in which the original sample failed. Should both additional cables pass the tests, the other cables in the batch from which they were taken shall be regarded as having complied with the specified requirements. Should either fail, this batch of cables shall be regarded as having failed to comply.

Further re-sampling and testing should then become a matter for negotiation.

4.4 *Conductor examination*

Compliance with the requirements of IEC Publication 228 for conductor construction shall be checked by inspection and measurement when applicable.

4.5 *Measurement of electrical resistance of conductor*

The complete cable length, or a sample therefrom, shall be in the test room, which 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 room temperature the resistance shall be measured after the cable has been in the test room for 24 h. Alternatively, the resistance shall be measured on a sample of conductor, conditioned for at least 1 h in a temperature-controlled bath.

The d.c. resistance of the conductor shall be corrected to a temperature of 20°C and 1 km length in accordance with IEC Publication 228.

The d.c. resistance of the conductor at 20°C shall not exceed the appropriate maximum value specified in IEC Publication 228 if applicable.

4.6 *Measurement of thickness of insulation and non-metallic sheath*

4.6.1 *General*

The test method shall be in accordance with Clause 8 of IEC Publication 811-1-1.

Each cable length selected for the test shall be represented by a piece taken from one end after having discarded, if necessary, any portion that may have suffered damage.

4.6.2 Prescriptions

a) Enveloppe isolante

La moyenne des valeurs mesurées, arrondie à 0,1 mm près (voir annexe A), ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale spécifiée.

La plus petite valeur mesurée ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale spécifiée, diminuée de 10% de la valeur de cette épaisseur:

$$t_m \geq t_n - 0,1 t_n \text{ (mm)}$$

b) Gaine non métallique

La plus petite valeur mesurée ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale spécifiée, diminuée de 0,1 mm + 15% de la valeur nominale spécifiée de cette épaisseur:

$$t_m \geq t_n - (0,1 + 0,15 t_n) \text{ (mm)}$$

De plus, pour les gaines appliquées sur une surface pratiquement lisse, la moyenne des valeurs mesurées, arrondie à 0,1 mm près (voir annexe A) ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale spécifiée.

Cette dernière prescription ne concerne pas les gaines appliquées sur une surface irrégulière, par exemple sur écrans métalliques constitués de fils et/ou de rubans.

4.7 Mesure de l'épaisseur de la gaine métallique

Lorsque le câble comporte une gaine métallique de plomb, d'alliage de plomb ou d'aluminium, il faut effectuer les essais suivants.

4.7.1 Gaine de plomb ou d'alliage de plomb

Lorsque le câble comporte une gaine de plomb ou d'alliage de plomb, son épaisseur minimale ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale spécifiée diminuée de 0,1 mm + 5% de l'épaisseur nominale:

$$t_m \geq t_n - (0,1 + 0,05 t_n) \text{ (mm)}$$

La mesure de l'épaisseur de la gaine de plomb est effectuée selon l'une des méthodes suivantes des points a) ou b), au choix du fabricant.

a) Méthode «à plat»

L'échantillon doit être préparé à partir d'un tronçon de gaine de 50 mm de longueur environ, prélevé sur un câble terminé. L'échantillon est fendu longitudinalement, puis soigneusement redressé. L'épaisseur est mesurée en un certain nombre de points le long de l'échantillon redressé, correspondant à la circonférence de la gaine, à 10 mm au moins du bord de l'éprouvette, en veillant à obtenir l'épaisseur minimale. Les mesures sont effectuées à l'aide d'un micromètre à faces planes, à touches de diamètre compris entre 4 mm et 8 mm et de précision $\pm 0,01$ mm.

b) Méthode de l'anneau

Les mesures sont prises sur un anneau de gaine soigneusement prélevé sur le câble terminé. L'épaisseur est mesurée sur la périphérie de l'anneau, en un nombre suffisant de points, afin d'être sûr d'obtenir l'épaisseur 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 rectangulaire de 0,8 mm de largeur et 2,4 mm de longueur. La touche sphérique ou rectangulaire doit être appliquée sur la face intérieure de l'anneau. La précision du micromètre doit être de $\pm 0,01$ mm.

4.6.2 Requirements

a) Insulation

The average of the measured values, rounded to 0.1 mm in accordance with Appendix A, shall be not less than the specified nominal thickness.

The lowest measured value shall not fall below the specified nominal thickness by more than 10% of the specified nominal thickness:

$$t_m \geq t_n - 0.1 t_n (\text{mm})$$

b) Non-metallic sheath

The lowest measured value shall not fall below the specified nominal thickness by more than 0.1 mm + 15% of the specified nominal thickness:

$$t_m \geq t_n - (0.1 + 0.15 t_n) (\text{mm})$$

In addition, for sheaths applied onto a substantially smooth surface the average of the measured values, rounded to 0.1 mm in accordance with Appendix A, shall be not less than the specified nominal thickness.

The latter requirement does not apply for sheaths applied onto an irregular surface, such as one formed by metallic shields of wires and/or tapes.

4.7 Measurement of thickness of metallic sheath

The following tests apply if the cable has a metallic sheath of lead, lead alloy or aluminium.

4.7.1 Lead or lead alloy sheath

If the cable has a lead or lead alloy sheath, its minimum thickness shall not fall below the specified nominal thickness by more than 0.1 mm + 5% of the nominal thickness, i.e:

$$t_m \geq t_n - (0.1 + 0.05 t_n) (\text{mm})$$

The thickness of the lead sheath shall be measured by one of the following methods in Item a) or b), at the discretion of the manufacturer.

a) Strip method

The test piece shall be prepared from a piece of sheath about 50 mm long removed from the finished cable. The piece shall be slit longitudinally and carefully flattened. A number of thickness measurements shall be made along the flattened strip, corresponding with the circumference of the sheath, not less than 10 mm away from the edge, and ensuring that the minimum thickness is measured. The measurements shall be made by a micrometer with plane faces between 4 mm and 8 mm diameter and an accuracy of ± 0.01 mm.

b) Ring method

The measurements shall be made on a ring of the sheath carefully cut from the finished cable. The thickness shall be measured at a sufficient number of points around the circumference of the ring 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 flat rectangular nose shall be applied to the inside of the ring. The accuracy of the micrometer shall be ± 0.01 mm.

4.7.2 Gaine lisse ou ondulée en aluminium

Lorsque le câble comporte une gaine en aluminium, l'épaisseur minimale de la gaine métallique ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale spécifiée diminuée de:

0,1 mm + 10% de l'épaisseur nominale, pour une gaine lisse en aluminium, c'est-à-dire:

$$t_m \geq t_n - (0,1 + 0,1 t_n) \text{ (mm)}$$

0,1 mm + 15% de l'épaisseur nominale, pour une gaine ondulée en aluminium, c'est-à-dire:

$$t_m \geq t_n - (0,1 + 0,15 t_n) \text{ (mm)}$$

Les mesures sont prises sur un anneau de gaine de 50 mm de largeur environ, soigneusement prélevé sur le câble terminé. L'épaisseur est mesurée sur la périphérie de l'anneau, en un nombre suffisant de points, afin d'être sûr d'obtenir l'épaisseur minimale. Les mesures sont faites à l'aide d'un micromètre ayant des touches sphériques d'un rayon de 3 mm environ. La précision doit être de $\pm 0,01$ mm.

4.8 Mesure des diamètres

Lorsque l'utilisateur le demande, les mesures du diamètre du conducteur et/ou du diamètre extérieur du câble sont effectuées conformément à l'article 8 de la Publication 811-1-1 de la CEI.

4.9 Essai d'allongement à chaud des enveloppes isolantes en EPR et en XLPE

a) Mode opératoire

L'échantillonnage et la méthode d'essai doivent être conformes à l'article 9 de la Publication 811-2-1 de la CEI; les conditions de l'essai sont données dans le tableau VI.

Les échantillons doivent être prélevés dans la partie de l'enveloppe isolante, interne, centrale ou externe, où le degré de réticulation est généralement le plus faible pour le procédé de réticulation utilisé.

b) Prescriptions

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions du tableau VI.

4.10 Mesure de la capacité

La capacité de l'échantillon doit être mesurée entre l'âme et l'écran métallique.

La valeur mesurée ne doit pas dépasser de plus de 8% la valeur nominale spécifiée par le fabricant.

4.11 Mesure de la masse volumique des enveloppes isolantes en HDPE

a) La masse volumique du HDPE doit être mesurée en utilisant l'échantillonnage et le mode opératoire spécifiés à l'article 8 de la Publication 811-1-3 de la CEI.

b) Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions du tableau VI.

5. Essais de type

5.1 Généralités

Les essais de type appropriés, spécifiés à l'article 5, doivent être effectués avant que le fabricant ne livre sur une base commerciale un type de câble visé dans la présente norme, afin de démontrer qu'il satisfait aux performances requises.

4.7.2 Plain or corrugated aluminium sheath

If the cable has an aluminium sheath, the minimum thickness of the metallic sheath shall not fall below the specified nominal thickness by more than:

0.1 mm + 10% of the nominal thickness for plain aluminium sheath:

$$t_m \geq t_n - (0.1 + 0.1 t_n) \text{ (mm)}$$

0.1 mm + 15% of the nominal thickness for corrugated aluminium sheath:

$$t_m \geq t_n - (0.1 + 0.15 t_n) \text{ (mm)}$$

The measurements shall be made on a ring of the sheath about 50 mm wide carefully removed from the finished cable. The thickness shall be measured at a sufficient number of points around the circumference of the ring to ensure that the minimum thickness is measured. The measurements shall be made with a micrometer having ball noses of radii about 3 mm. The accuracy shall be ± 0.01 mm.

4.8 Measurement of diameter

If the purchaser requires that the diameter of the core and/or the overall diameter of the cable should be measured, the measurements shall be carried out in accordance with Clause 8 of IEC Publication 811-1-1.

4.9 Hot set test for XLPE and EPR insulation

a) Procedure

The sampling and test procedure shall be in accordance with Clause 9 of IEC Publication 811-2-1 employing the test conditions specified in Table VI.

The test pieces shall be taken from the inner, middle or outer part of the insulation where the degree of cross-linking is generally the lowest for the curing process employed.

b) Requirements

The test results shall comply with the requirements specified in Table VI.

4.10 Measurement of capacitance

The capacitance shall be measured between conductor and metallic screen.

The measured value shall not exceed the nominal value specified by the manufacturer by more than 8%.

4.11 Measurement of density of HDPE insulation

a) The density of HDPE shall be measured using the sampling and test procedure specified in Clause 8 of IEC Publication 811-1-3.

b) The results of the test shall comply with the requirement specified in Table VI.

5. Type tests

5.1 General

The appropriate type tests specified in this clause shall be made before the manufacturer supplies, on a general commercial basis, a type of cable covered by this standard, in order to demonstrate satisfactory performance requirements.

A l'exception de ceux qui sont également prescrits comme essais spéciaux à l'article 4, il n'est pas nécessaire de répéter ces essais s'ils ont été satisfaits, à moins que des modifications susceptibles d'avoir une incidence sur les performances n'aient été apportées dans la conception des câbles ou dans le choix des matériaux.

5.2 *Etendue de l'approbation de type*

Si un échantillon de câble, ou deux échantillons de câble de section d'âme différente, ont subi avec succès les essais de type correspondant à une spécification et à une tension assignée données, l'approbation de type est considérée également comme valable pour:

- a) Des câbles de même section d'âme et de tension assignée légèrement différente mais appartenant au même groupe de tension que le câble essayé.

Note. — Pour ce qui précède, les câbles de même groupe de tension assignée sont ceux qui ont une même valeur de U_m , tension la plus élevée pour le matériel, et par conséquent les mêmes valeurs de tension d'essai (voir paragraphe 1.3). Ainsi, les essais sur un câble de tension assignée $U = 66$ kV seront aussi valables pour des câbles de tension assignée $U = 60$ kV et $U = 69$ kV.

- b) Des câbles de construction similaire, dans le même groupe de tension assignée et avec la même section d'âme.

Note. — Des câbles sont considérés comme étant de construction similaire si la nature et la mise en œuvre du matériau isolant sont les mêmes et si les écrans semi-conducteurs sont de même forme. Des différences dans les couches protectrices situées au-dessus des conducteurs avec leur écran n'imposent pas la répétition des essais électriques de type (paragraphe 5.5), à moins que ces différences ne soient susceptibles d'avoir un effet significatif sur leurs résultats. On observera cependant que, la présente norme étant limitée à des essais et excluant des prescriptions sur la construction des câbles, il n'est pas possible de traiter dans le détail des effets possibles sur les essais électriques de type résultant de variantes dans les revêtements du câble. Dans certains cas, il conviendra de reprendre un ou plusieurs des essais énumérés au paragraphe 5.5 (par exemple l'essai d'enroulement), quand les revêtements extérieurs du câble considéré diffèrent de ceux du câble qui a subi tous les essais électriques de type antérieurement.

- c) Des câbles dans le même groupe de tension assignée avec toute section d'âme comprise entre les deux valeurs de section qui ont donné lieu aux essais, pourvu que l'épaisseur d'isolation de ces câbles intermédiaires donne au calcul du gradient électrique maximal sur l'écran de l'âme conductrice une valeur au plus égale à celle qui est relative au câble essayé de plus petite section, et ne soit pas elle-même inférieure à celle du câble essayé de plus grosse section.

De plus, sous réserve d'un accord entre fabricant et acheteur, des essais effectués avec succès sur un câble d'une certaine tension assignée peuvent être admis pour qualifier des câbles de tension assignée plus basse, à condition que la technique de fabrication soit la même dans les deux cas, et que le gradient électrique ne soit pas plus élevé dans les câbles de tension assignée plus basse.

Sous la même réserve d'un accord entre fabricant et acheteur, les essais de type des constituants du câble (paragraphe 5.6) n'ont pas à être effectués sur des échantillons de câble qui diffèrent par la tension assignée et/ou la section d'âme, à moins que des matériaux différents n'aient été utilisés pour leur fabrication. Cependant, il peut être nécessaire de répéter les essais de vieillissement sur câble complet pour vérifier la compatibilité des matériaux (paragraphe 5.6.5) si la combinaison des matériaux présents au-dessus de l'écran est différente de celle du câble qui a subi les essais de type antérieurement.

Un procès-verbal d'essai signé par le représentant d'un organisme de contrôle compétent, ou un compte rendu des résultats d'essai du fabricant, contresigné par un responsable qualifié, sont des preuves acceptables de l'exécution des essais de type.

5.3 *Résumé des essais de type*

Les essais de type doivent comprendre les essais électriques effectués sur le câble complet, spécifiés au paragraphe 5.5, et les essais appropriés sur les constituants de câble, spécifiés au paragraphe 5.6.

These tests, excepting those which are also required as special tests in Clause 4, need not be repeated once they have been performed successfully, unless alterations are made to cable design or materials which might affect the performance.

5.2 Range of type approval

When the type tests have been successfully performed on one type of cable with a specific value of rated voltage on one cable sample or two samples with different cross-sectional areas of conductors, the type approval shall be accepted as valid also for:

- a) Cables with the same cross-sectional area of conductor, with slightly different rated voltage but belonging to the same voltage group as the tested cable.

Note. — In this context, cables of the same rated voltage group are those of rated voltages having a common value of U_m , maximum voltage for equipment, and therefore the same test voltage levels (see Sub-clause 1.3). For example, tests on a cable of rated voltage $U = 66$ kV would also cover cables of rated voltages $U = 60$ kV and $U = 69$ kV.

- b) Cables of similar construction, in the same rated voltage group and with the same cross-sectional areas of conductor.

Note. — Cables of similar construction are those having the same type and processing of insulation material and the same forms of semiconducting screens. Repetition of the electrical type tests (Sub-clause 5.5) is not necessary on account of differences in the protective layers applied over the screened cores, unless these are likely to have a significant effect on the results of the test. However it should be noted that, as this standard is confined to test requirements and does not specify cable constructions, the possible effects on the electrical type test resulting from variations in coverings over the core cannot be dealt with in detail. In some instances it may be appropriate to repeat one or more of the tests listed in Sub-clause 5.5 (e.g. the bending test) when the coverings of the cable under consideration differ from the cable which has previously been subjected to the full electrical type tests.

- c) Cables in the same rated voltage group with all cross-sectional areas of conductor lying between the two on which the tests were made, provided that the design insulation thicknesses for the intermediate sizes give calculated values of maximum electrical stress at the conductor screen not higher than that applying to the smaller size of cable tested and the thicknesses are also not less than the thickness of the larger size tested.

Furthermore, subject to agreement between manufacturer and purchaser, tests successfully completed on cables of one voltage rating may be taken as demonstrating satisfactory performance of cables of a lower voltage rating, provided that the same processing techniques are used by the manufacturer for both voltages and that the operating electrical stresses are not higher for the cables of lower voltage rating.

The type tests on cable components (Sub-clause 5.6) are also subject to agreement between manufacturer and purchaser and need not be carried out on samples from cables of different voltage ratings and/or conductor cross-sectional areas unless different materials are used to produce them. However repetition of the ageing tests on pieces of complete cable to check compatibility of materials (Sub-clause 5.6.5) may be required if the combination of materials applied over the screened core is different from that of the cable on which type tests have been carried out previously.

A type test certificate signed by the representative of a competent witnessing body, or a report by the manufacturer giving the test results and signed by the appropriate qualified officer shall be acceptable as evidence of type testing.

5.3 Summary of type tests

The type tests shall comprise the electrical tests on the complete cable as specified in Sub-clause 5.5 and the appropriate tests on cable components as specified in Sub-clause 5.6.

Les essais électriques doivent être réalisés sur un même échantillon de câble, sauf dans le cas prévu au paragraphe 5.5.2. L'essai d'enroulement doit être compris dans cette séquence d'essais, afin de vérifier que les propriétés électriques du câble sont satisfaisantes après enroulement.

Les essais sur les constituants de câbles sont résumés dans le tableau III qui indique les essais applicables à chaque type de matériau isolant et de matériau utilisé pour les gaines. L'essai de câbles soumis au feu n'est exigé que dans le cas où le fabricant souhaite obtenir la conformité à cet essai comme particularité spéciale de la constitution du câble.

5.4 *Vérification de l'épaisseur de l'enveloppe isolante sur le câble soumis aux essais électriques de type*

Avant de procéder aux essais électriques de type, l'épaisseur de l'enveloppe isolante doit être mesurée, selon la méthode spécifiée à l'article 8 de la Publication 811-1-1 de la CEI, sur une éprouvette représentative de la longueur de câble à essayer, afin de vérifier que cette épaisseur n'est pas excessive en regard de la valeur spécifiée.

Si l'épaisseur moyenne de l'enveloppe isolante ne dépasse pas la valeur spécifiée de plus de 5%, les tensions d'essai auront les valeurs normales prescrites pour la tension assignée du câble.

Si l'épaisseur moyenne de l'enveloppe isolante dépasse la valeur spécifiée de plus de 5%, sans toutefois excéder 15%, la tension d'essai doit être ajustée de manière que le gradient électrique sur l'écran de l'âme soit égal à celui qui régnerait si l'épaisseur moyenne de l'enveloppe isolante était égale à la valeur nominale spécifiée et si les tensions d'essai avaient les valeurs normales prescrites pour la tension assignée du câble.

L'épaisseur moyenne d'enveloppe isolante de la longueur de câble utilisée pour les essais électriques de type ne doit pas être supérieure de plus de 15% à la valeur spécifiée.

5.5 *Essais électriques sur câble complet*

Les essais énumérés au paragraphe 5.5.1 doivent être effectués sur des échantillons de câble complet d'au moins 10 m de longueur, non compris les accessoires.

Exception faite des dispositions du paragraphe 5.5.2, tous les essais énumérés au paragraphe 5.5.1 doivent être effectués successivement sur le même échantillon.

5.5.1 *Séquence d'essais*

La séquence normale d'essais est la suivante:

- a) Essai d'enroulement suivi d'un essai de décharges partielles (paragraphe 5.5.3 et 5.5.4).
- b) Mesure de $\tan \delta$ (paragraphe 5.5.5).
- c) Essai de tension avec cycles de chauffage, suivi par une mesure de décharges partielles (paragraphe 5.5.6).
- d) Essai de tenue aux ondes de choc, suivi par un essai de tenue sous tension alternative à fréquence industrielle (paragraphe 5.5.7).

5.5.2 *Dispositions particulières*

L'essai b) peut être effectué sur un échantillon différent de celui qui est utilisé pour le reste de la séquence d'essais du paragraphe 5.5.1.

The electrical tests shall be carried out in sequence on one sample of cable, except as provided for in Sub-clause 5.5.2. The bending test shall be included in this sequence of tests to check that the electrical properties of the cable after bending are satisfactory.

The tests on cable components are summarized in Table III, indicating which tests are applicable to each insulation and sheathing material. The test under fire conditions is only required if the manufacturer wishes to claim compliance with this test as a special feature of the design of the cable.

5.4 *Check on insulation thickness of cable for electrical type tests*

Prior to the electrical type tests, the insulation thickness shall be measured by the method specified in Clause 8 of IEC Publication 811-1-1 on a representative piece of the length to be used for the tests, to check that the thickness is not excessive compared with the specified value.

If the average thickness of the insulation does not exceed the specified value by more than 5% the test voltages shall be the normal values specified for the rated voltage of the cable.

If the average thickness of the insulation exceeds the specified value by more than 5% but by not more than 15%, the test voltage shall be adjusted to give an electrical stress at the conductor screen equal to that applying when the average thickness of the insulation is equal to the specified nominal value and the test voltages are the normal values specified for the rated voltage of the cable.

The cable length used for the electrical type tests shall not have an average thickness exceeding the specified value by more than 15%.

5.5 *Electrical tests on complete cable*

The tests listed in Sub-clause 5.5.1 shall be performed on samples of complete cable at least 10 m in length excluding the test accessories.

With the exception of the provisions of Sub-clause 5.5.2, all the tests listed in Sub-clause 5.5.1 shall be applied successively to the same sample.

5.5.1 *Sequence of tests*

The normal sequence of tests shall be:

- a) Bending test followed by partial discharge test (Sub-clauses 5.5.3 and 5.5.4).
- b) Tan δ measurement (Sub-clause 5.5.5).
- c) Heating cycle voltage test, followed by partial discharge measurement (Sub-clause 5.5.6).
- d) Impulse withstand test followed by a power frequency voltage test (Sub-clause 5.5.7).

5.5.2 *Special provisions*

The test in Item b) of Sub-clause 5.5.1 may be carried out on a different sample from that used for the remainder of the sequence of tests listed in Sub-clause 5.5.1.

5.5.3 Essai d'enroulement

- a) L'échantillon doit être enroulé autour d'un cylindre d'essai (par exemple le tambour d'un touret) à la température ambiante, sur un tour complet au moins. On déroule ensuite l'échantillon et on répète l'opération, sauf que la courbure de l'échantillon doit être de sens contraire.

Ce cycle d'opérations doit être effectué trois fois en tout.

- b) Le diamètre du cylindre d'essai ne doit pas être supérieur à :
- $25(d + D) + 5\%$ pour les câbles à gaine en plomb et gaine ondulée en aluminium ou comportant une feuille de métal appliquée longitudinalement avec recouvrement;
- $20(d + D) + 5\%$ pour les autres câbles

où :

D = diamètre externe du câble mesuré en millimètres

d = diamètre de l'âme mesuré en millimètres

Note. — Pour les câbles sous gaines lisses en aluminium, le diamètre d'enroulement est à l'étude.

- c) Après cet essai, le câble est soumis à l'essai de décharges partielles et doit satisfaire aux prescriptions indiquées au paragraphe 5.5.4.

5.5.4 Essai de décharges partielles

L'essai de décharges partielles doit être effectué conformément à la Publication 885-2 de la CEI, la sensibilité étant au plus égale à 5 pC. L'amplitude de décharge à $1,5 U_0$ ne doit pas dépasser 5 pC.

5.5.5 Mesure de $\tan \delta$

- a) L'échantillon doit être chauffé selon une méthode appropriée et la température de l'âme déterminée soit en mesurant sa résistance soit par thermocouples placés à la surface de l'écran, soit encore par thermocouples placés sur l'âme d'un autre échantillon du même câble chauffé par la même méthode.

L'échantillon est chauffé jusqu'à ce que l'âme atteigne une température égale à la température maximale en service normal assignée pour l'isolation du câble, à $\pm 5^\circ\text{C}$ près.

- b) $\tan \delta$ doit être mesurée sous la tension U_0 à fréquence industrielle et à la température spécifiée ci-dessus.
- c) La valeur mesurée ne doit pas être supérieure à la valeur donnée dans le tableau II.

5.5.6 Essai de tension avec cycles de chauffage

- a) L'échantillon est courbé en forme de U au diamètre spécifié au point b) du paragraphe 5.5.3.
- b) L'échantillon est chauffé selon une méthode appropriée jusqu'à ce que l'âme atteigne une température qui se maintienne entre 10°C et 15°C au-dessus de la température maximale assignée à l'isolant en service normal.
- c) Le chauffage doit être appliqué pendant au moins 8 h; on laisse ensuite l'échantillon refroidir naturellement pendant au moins 16 h. La température de l'âme doit être maintenue entre les limites de température indiquées pendant les deux dernières heures de chaque période de courant de charge.
- d) Les cycles de chauffage et de refroidissement doivent être répétés 20 fois au total.

5.5.3 Bending test

- a) The sample shall be bent around a test cylinder (e.g. the hub of a drum) at room temperature for at least one complete turn. It shall then be unwound and the process repeated except that the bending of the sample shall be in the reverse direction.

This cycle of operations shall be carried out three times in total.

- b) The diameter of the test cylinder shall not be greater than:
 $25(d + D) + 5\%$ for cables with lead and corrugated aluminium sheath or with overlapped longitudinally applied metal foil;
 $20(d + D) + 5\%$ for others

where:

D = measured external diameter of the cable in millimetres

d = measured diameter of the conductor in millimetres

Note. — For cables with plain aluminium sheaths, the bending diameter is under consideration.

- c) On completion of this test, the cable shall be subjected to the partial discharge test and shall comply with the requirements specified in Sub-clause 5.5.4.

5.5.4 Partial discharge test

The partial discharge test shall be carried out as described in IEC Publication 885-2, the sensitivity being 5 pC or less. The magnitude of the discharge at $1.5 U_0$ shall not exceed 5 pC.

5.5.5 Tan δ measurement

- a) The sample shall be heated by a suitable method and the temperature of the conductor determined either by measuring its resistance or by thermocouples on the surface of the screen, or by thermocouples on the conductor of another sample of the same cable heated by the same means.

The sample shall be heated until the conductor reaches a temperature equal to the maximum rated temperature of the insulation in normal operation within $\pm 5^\circ\text{C}$.

- b) Tan δ shall be measured at a power frequency voltage of U_0 at the temperature specified above.
- c) The measured value shall not exceed the value specified in Table II.

5.5.6 Heating cycle voltage test

- a) The sample shall be in a U-bend having the diameter specified in Item b) of Sub-clause 5.5.3.
- b) The sample shall be heated by a suitable method, until the conductor reaches a temperature which shall be not less than 10°C and not greater than 15°C above the maximum rated temperature of the insulation in normal operation.
- c) The heating shall be applied for at least 8 h and shall be followed by at least 16 h of natural cooling. The conductor temperature shall be maintained within the stated temperature limits for the last 2 h of each current loading period.
- d) The cycle of heating and cooling shall be carried out 20 times.

- e) Pendant toute la période d'essai une tension de $2 U_0$ doit être appliquée à l'échantillon.
- f) Après le dernier cycle, l'échantillon à température ambiante doit être soumis avec succès à l'essai de décharges partielles du paragraphe 5.5.4.

5.5.7 Essai de tenue aux ondes de choc (suivi d'un essai de tenue sous tension alternative)

- a) L'essai au choc doit être effectué sur l'échantillon à une température de l'âme qui se maintienne entre 10°C et 15°C au-dessus de la température assignée maximale de l'isolant en service normal.

La tension de choc doit être appliquée conformément aux modes opératoires indiqués dans la Publication 230 de la CEI.

- b) Le câble doit résister, sans perforation, à 10 chocs positifs et à 10 chocs négatifs de tension de valeur appropriée, spécifiée dans le tableau I.
 - c) Après l'essai au choc, l'échantillon de câble doit être soumis à un essai de tension à fréquence industrielle à $2,5 U_0$ pendant 15 min à la température ambiante.
- Il ne doit pas se produire de perforation de l'enveloppe isolante.

5.6 Essais de type sur les constituants du câble

Les essais de type non électriques et les essais de type qui doivent montrer que les matériaux utilisés comme constituants du câble ont des propriétés satisfaisantes, sont résumés dans le tableau III. Les paragraphes 5.6.1 à 5.6.15 donnent le détail de ces essais.

5.6.1 Vérification de la construction du câble

L'examen de l'âme conductrice et les mesures de l'épaisseur de l'enveloppe isolante et de celle de la gaine doivent être effectués conformément aux paragraphes 4.4, 4.6 et 4.7 et satisfaire aux prescriptions indiquées.

5.6.2 Résistivité des couches semi-conductrices

- a) La résistivité des couches semi-conductrices extrudées, appliquées sur l'âme conductrice et sur l'enveloppe isolante, doit être déterminée par des mesures sur des éprouvettes prélevées sur le conducteur d'un échantillon de câble après fabrication, et sur un échantillon de câble ayant subi l'essai de vieillissement spécifié au paragraphe 5.6.5, destiné à vérifier la compatibilité des matériaux constitutifs.
- b) Le mode opératoire est décrit dans l'annexe B.
- c) Les mesures sont effectuées à la température assignée maximale de service de l'âme prévue par le constructeur, à $\pm 2^{\circ}\text{C}$ près.
- d) La résistivité, avant et après vieillissement, ne doit pas être supérieure aux valeurs suivantes:
 - $1000 \Omega\text{m}$ pour l'écran sur âme conductrice,
 - $500 \Omega\text{m}$ pour l'écran sur isolant.

5.6.3 Détermination des propriétés mécaniques des enveloppes isolantes avant et après vieillissement

- a) L'échantillonnage et sa préparation doivent être effectués conformément à l'article 9 de la Publication 811-1-1 de la CEI.
- b) Le traitement de vieillissement des éprouvettes doit être effectué conformément à l'article 8 de la Publication 811-1-2 de la CEI, et aux conditions spécifiées dans le tableau IV.

- e) During the whole of the test period a voltage of $2 U_0$ shall be applied to the sample.
- f) After the final cycle the sample at ambient temperature shall be subjected to and comply with the requirements of the partial discharge test in accordance with Sub-clause 5.5.4.

5.5.7 Impulse voltage test (followed by a.c. voltage test)

- a) The impulse test shall be performed on the sample at a conductor temperature which shall be not less than $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ and not greater than $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ above the maximum rated temperature of the insulation for normal operation.

The impulse voltage shall be applied according to the procedures given in IEC Publication 230.

- b) The cable shall withstand without failure 10 positive and 10 negative voltage impulses of the appropriate value specified in Table I.
- c) After the impulse test, the cable sample shall be subjected at ambient temperature to a power frequency voltage test at $2.5 U_0$ for 15 min.

No breakdown of the insulation shall occur.

5.6 Type tests on cable components

The non-electrical type tests and type tests to check that the materials used for the cable components have satisfactory properties are listed in Table III in summarized form. Details of the tests are specified in Sub-clauses 5.6.1 to 5.6.15.

5.6.1 Check of cable construction

The examination of the conductor and measurements of insulation and sheath thicknesses shall be carried out in accordance with and comply with the requirements of Sub-clauses 4.4, 4.6 and 4.7.

5.6.2 Resistivity of semiconducting layers

- a) The resistivity of extruded semiconducting layers applied over the conductor and over the insulation shall be determined by measurements on test pieces taken from the core of a sample of cable as made and a sample of cable which has been subjected to the ageing treatment to test the compatibility of component materials specified in Sub-clause 5.6.5.
- b) The test procedure shall be in accordance with Appendix B.
- c) The measurements shall be made at a temperature within $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ of the rated maximum normal operating conductor temperature for the design of cable.
- d) The resistivity, both without ageing and after ageing, shall not exceed the following:

- conductor screen: $1000\text{ }\Omega\text{m}$.
- core screen: $500\text{ }\Omega\text{m}$.

5.6.3 Tests for determining the mechanical properties of insulation before and after ageing

- a) Sampling and preparation of test pieces shall be carried out in accordance with Clause 9 of IEC Publication 811-1-1.
- b) The ageing treatments shall be carried out in accordance with Clause 8 of IEC Publication 811-1-2 under the conditions specified in Table IV.

- c) Le conditionnement et la mesure des propriétés mécaniques doivent être effectués conformément à l'article 9 de la Publication 811-1-1 de la CEI.
- d) Les résultats des essais sur échantillons avant et après vieillissement doivent satisfaire aux prescriptions du tableau IV.

5.6.4 *Détermination des propriétés mécaniques des gaines non métalliques avant et après vieillissement*

- a) L'échantillonnage et sa préparation doivent être effectués conformément à l'article 9 de la Publication 811-1-1 de la CEI.
- b) Le traitement de vieillissement des éprouvettes doit être effectué conformément à l'article 8 de la Publication 811-1-2 de la CEI, et aux conditions spécifiées dans le tableau V.
- c) Le conditionnement et la mesure des propriétés mécaniques doivent être effectués conformément à l'article 9 de la Publication 811-1-1 de la CEI.
- d) Les résultats des essais sur échantillons avant et après vieillissement doivent satisfaire aux prescriptions du tableau V.

5.6.5 *Essais de vieillissement sur tronçons de câbles complets pour vérifier la compatibilité des matériaux*

a) *Généralités*

L'essai de vieillissement sur tronçons de câbles complets est effectué pour vérifier que les enveloppes isolantes, la gaine non métallique et les couches semi-conductrices extrudées sur l'âme et l'enveloppe isolante ne sont pas susceptibles de se détériorer en service de manière exagérée par le contact avec les autres constituants du câble.

b) *Echantillonnage*

Les échantillons destinés à l'essai sur l'enveloppe isolante et sur la gaine non métallique doivent être prélevés sur le câble complet conformément à l'article 8 de la Publication 811-1-2 de la CEI.

L'échantillon destiné à l'essai sur les écrans semi-conducteurs doit être un échantillon similaire de câble complet prélevé dans le voisinage de l'échantillon utilisé pour la mesure de la résistivité des écrans sans vieillissement.

c) *Vieillissement thermique*

Le traitement de vieillissement des tronçons de câbles doit être effectué dans une étuve à air conformément à l'article 8 de la Publication 811-1-2 de la CEI, dans les conditions suivantes:

Température: 10 ± 2 °C au-dessus de la température assignée maximale de service du câble

Durée: 7×24 h

d) *Mesures après vieillissement*

Les échantillons d'enveloppe isolante et de gaine doivent être prélevés à partir des tronçons de câbles vieillis et soumis aux essais mécaniques conformément à l'article 8 de la Publication 811-1-2 de la CEI.

La résistivité des couches semi-conductrices extrudées doit être déterminée sur une éprouvette d'un tronçon de câble vieilli conformément à l'annexe B.

e) *Prescriptions*

Enveloppe isolante et gaine non métallique: les résultats d'essai pour la résistance à la traction et l'allongement à la rupture doivent être conformes aux valeurs correspondantes après vieillissement dans une étuve à air, spécifiées dans le tableau IV pour les enveloppes isolantes et le tableau V pour les gaines.

Couches semi-conductrices: les valeurs de la résistivité doivent satisfaire aux prescriptions du paragraphe 5.6.2.

- c) Conditioning and the measurement of mechanical properties shall be carried out in accordance with Clause 9 of IEC Publication 811-1-1.
- d) The test results for unaged and aged test pieces shall comply with the requirements specified in Table IV.

5.6.4 Tests for determining the mechanical properties of non-metallic sheaths before and after ageing

- a) Sampling and preparation of test pieces shall be carried out in accordance with Clause 9 of IEC Publication 811-1-1.
- b) The ageing treatment shall be carried out in accordance with Clause 8 of IEC Publication 811-1-2 under the conditions specified in Table V.
- c) Conditioning and the measurement of mechanical properties shall be carried out in accordance with Clause 9 of IEC Publication 811-1-1.
- d) The test results for unaged and aged test pieces shall comply with the requirements specified in Table V.

5.6.5 Ageing tests on pieces of complete cable to check compatibility of materials

a) General

The ageing test on pieces of complete cable shall be carried out to check that the insulation, non-metallic sheath and extruded semiconducting layers over the conductor and insulation are not liable to deteriorate excessively in operation due to contact with other components in the cable.

b) Sampling

Samples for the test on insulation and non-metallic sheath shall be taken from the completed cable in accordance with Clause 8 of IEC Publication 811-1-2.

The sample for the test on the semiconducting screens shall be a similar sample of completed cable from a position close to the sample used for the measurement of resistivity of the screens without ageing.

c) Ageing treatment

The ageing treatment of the pieces of cable shall be carried out in an air oven in accordance with Clause 8 of IEC Publication 811-1-2, under the following conditions:
 Temperature: $10 \pm 2^\circ\text{C}$ above the rated maximum normal operating conductor temperature of the cable

Duration: 7×24 h

d) Measurements after ageing

Test pieces of insulation and sheath from the aged pieces of cable shall be prepared and subjected to mechanical tests in accordance with Clause 8 of IEC Publication 811-1-2.

The resistivity of the extruded semiconducting layers shall be determined on a test piece from the aged piece of cable in accordance with Appendix B.

e) Requirements

Insulation and non-metallic sheath: the test results for tensile strength and elongation at break shall comply with the values applying to the test after ageing in an air oven as specified in Table IV for insulation and Table V for sheaths.

Semiconducting layers: the resistivity values shall comply with the requirements specified in Sub-clause 5.6.2.

5.6.6 Essai de perte de masse pour une gaine en PVC

- a) L'essai de perte de masse est effectué sur des gaines en PVC qui doivent satisfaire aux prescriptions pour le mélange de type ST2, conformément à l'article 8 de la Publication 811-3-2 de la CEI, dans les conditions spécifiées au tableau VIII.
- b) Les résultats doivent satisfaire aux prescriptions indiquées au tableau VIII.

5.6.7 Essai de pression à température élevée sur gaine

- a) L'essai de pression à température élevée des gaines de type ST1, ST2 et ST4 doit être effectué conformément à l'article 8 de la Publication 811-3-1 de la CEI, en suivant les conditions d'essai données dans la méthode d'essai et dans le tableau V.
- b) Les résultats des essais doivent satisfaire aux prescriptions indiquées au tableau V.

5.6.8 Essais à basse température pour gaines en PVC (ST1 et ST2)

- a) Les essais à basse température pour les gaines de type ST1 et ST2 doivent être effectués conformément à l'article 8 de la Publication 811-1-4 de la CEI, les températures d'essai étant conformes au tableau VIII.
- b) Les résultats des essais doivent satisfaire aux prescriptions de l'article 8 de la Publication 811-1-4 de la CEI.

5.6.9 Essai de choc thermique pour les gaines en PVC (ST1 et ST2)

- a) L'essai de choc thermique sur les gaines de type ST1 et ST2 doit être conforme à l'article 9 de la Publication 811-3-1 de la CEI, la température d'essai et la durée de chauffage étant conformes au tableau VIII.
- b) Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions du paragraphe 9.2 de la Publication 811-3-1 de la CEI.

5.6.10 Essai de résistance à l'ozone pour les enveloppes isolantes en EPR

- a) L'enveloppe isolante en EPR doit faire l'objet d'un essai pour vérifier sa résistance à l'ozone. L'échantillonnage et le mode opératoire sont spécifiés à l'article 8 de la Publication 811-2-1 de la CEI. La concentration en ozone et la durée de l'essai sont indiquées dans le tableau VI.
- b) Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions de l'article 8 de la Publication 811-2-1 de la CEI.

5.6.11 Essai d'allongement à chaud pour les enveloppes isolantes en EPR et en XLPE

Les enveloppes isolantes en EPR et en XLPE doivent être soumises à l'essai d'allongement à chaud conformément aux indications du paragraphe 4.9 et doivent satisfaire aux prescriptions indiquées.

5.6.12 Mesure de la masse volumique des enveloppes isolantes en HDPE

La masse volumique des enveloppes isolantes en HDPE doit être mesurée conformément aux indications du paragraphe 4.11 et doit satisfaire aux prescriptions indiquées.

5.6.6 *Loss of mass test on PVC sheaths*

- a) The loss of mass test shall be carried out on PVC sheaths intended to comply with the requirements for ST2 compound in accordance with Clause 8 of IEC Publication 811-3-2 under the conditions specified in Table VIII.
- b) The results shall comply with the requirements specified in Table VIII.

5.6.7 *Pressure test at high temperature on sheaths*

- a) The pressure test at high temperature for ST1, ST2 and ST4 sheaths shall be carried out in accordance with Clause 8 of IEC Publication 811-3-1 employing the test conditions given in the test method and in Table V.
- b) The results shall comply with the requirements specified in Table V.

5.6.8 *Tests on PVC sheaths (ST1 and ST2) at low temperature*

- a) The tests at low temperature for ST1 and ST2 sheaths shall be carried out in accordance with Clause 8 of IEC Publication 811-1-4, employing the test temperature specified in Table VIII.
- b) The results of the tests shall comply with Clause 8 of IEC Publication 811-1-4.

5.6.9 *Heat shock test for PVC sheaths (ST1 and ST2)*

- a) The heat shock test on ST1 and ST2 sheaths shall be carried out in accordance with Clause 9 of IEC Publication 811-3-1 the test temperature and period of heating being in accordance with Table VIII.
- b) The results of the test shall comply with the requirements specified in Sub-clause 9.2 of IEC Publication 811-3-1.

5.6.10 *Ozone resistance test for EPR insulation*

- a) EPR insulation shall be tested for resistance to ozone using the sampling and test procedure specified in Clause 8 of IEC Publication 811-2-1. The ozone concentration and test duration shall be in accordance with Table VI.
- b) The results of the test shall comply with the requirements specified in Clause 8 of IEC Publication 811-2-1.

5.6.11 *Hot set test for EPR and XLPE insulation*

EPR and XLPE insulation shall be subjected to the hot set test in accordance with Sub-clause 4.9 and shall comply with its requirements.

5.6.12 *Measurement of density of HDPE insulation*

The density of HDPE insulation shall be measured in accordance with Sub-clause 4.11 and shall comply with its requirements.

5.6.13 *Mesure de la teneur en noir de carbone des gaines en PE*

- a) La teneur en noir de carbone des gaines de type ST3 et ST4 doit être mesurée en utilisant l'échantillonnage et le mode opératoire prescrits à l'article 11 de la Publication 811-4-1 de la CEI.
- b) Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions du tableau VII.

5.6.14 *Essai de rétraction des enveloppes isolantes en PE, HDPE et XLPE*

- a) L'essai de rétraction doit être effectué sur des enveloppes isolantes en PE, HDPE et XLPE, l'échantillonnage et le mode opératoire étant conformes à l'article 10 de la Publication 811-1-3 de la CEI et les conditions d'essai au tableau VI.
- b) Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions du tableau VI.

5.6.15 *Essai des câbles soumis au feu*

L'essai de comportement en présence de feu doit être conforme à la Publication 332-1 de la CEI. L'essai doit être effectué sur un échantillon de câble complet, lorsque la gaine est en matériau de type ST1 ou ST2 et lorsque le fabricant souhaite faire la preuve que ce type de câble de constitution particulière satisfait aux prescriptions.

Les résultats doivent être conformes aux prescriptions de la Publication 332-1 de la CEI.

5.6.16 *Essai de pénétration d'eau*

A l'étude.

6. **Essais de tension après pose**

6.1 *Isolation*

Les essais des liaisons neuves sont effectués lorsque l'installation du câble et de ses accessoires est terminée.

6.1.1 *Essai en tension continue*

Une tension continue égale à $3 U_0$ doit être appliquée pendant 15 min.

Pour les installations qui ont déjà été exploitées, la tension continue appliquée peut être réduite, sa valeur sera négociée en fonction de l'âge, de l'environnement, des précédents claquages et du but poursuivi en effectuant cet essai.

6.1.2 *Essai en tension alternative*

En variante, et sur accord entre l'entrepreneur et l'acheteur, il peut être effectué un essai sous tension alternative à fréquence industrielle, selon les points a) ou b) ci-dessous:

- a) Essai pendant 5 min, la tension entre phases (U) étant appliquée entre l'âme et l'écran métallique.
- b) Essai pendant 24 h à la tension normale entre phase et terre du réseau (U_0).

Note. — D'autres méthodes d'essai sont à l'étude.

6.2 *Gainés non métalliques*

Si le contrat ou la commande en fait obligation, la gaine non métallique sera soumise aux essais après pose, spécifiés dans la Publication 229 de la CEI.

5.6.13 Carbon black content of PE sheaths

- a) The carbon black content of ST3 and ST4 sheaths shall be measured using the sampling and test procedure specified in Clause 11 of IEC Publication 811-4-1.
- b) The results of the test shall comply with the requirements specified in Table VII.

5.6.14 Shrinkage test for PE, HDPE and XLPE insulation

- a) The shrinkage test shall be carried out on insulation of PE, HDPE or XLPE using the sampling and test procedure specified in Clause 10 of IEC Publication 811-1-3 and the conditions specified in Table VI.
- b) The results of the test shall comply with the requirements specified in Table VI.

5.6.15 Test under fire conditions

The test under fire conditions in accordance with IEC Publication 332-1 shall be carried out on a sample of completed cable, if it has an ST1 or ST2 sheath and if the manufacturer wishes to claim that the particular design of cable complies with the requirements.

The results shall comply with the requirements specified in IEC Publication 332-1.

5.6.16 Water penetration test

Under consideration.

6. Electrical tests after installation

6.1 Insulation

Tests on new installations are made when the installation of the cable and its accessories has been completed.

6.1.1 D.C. testing

A d.c. voltage equal to $3 U_0$ shall be applied for 15 min.

For installations which have been in use, a lower d.c. voltage may be applied, the value of which will be negotiated, taking into account the age, environment, history of breakdowns, and the purpose of carrying out the test.

6.1.2 A.C. testing

As an alternative to the d.c. test, by agreement between the purchaser and contractor, an a.c. voltage test at power frequency, in accordance with Item a) or b) below, can be used:

- a) Test for 5 min with the phase-to-phase voltage (U) applied between the conductor and the metallic screen.
- b) Test for 24 h with the normal phase-to-earth voltage of the system (U_0).

Note. — Other test methods are under consideration.

6.2 Non-metallic sheaths

If required for the particular contract or order, the non-metallic sheath shall be subjected to the site tests specified in IEC Publication 229.

TABLEAU I
Tensions d'essai

Tension nominale assignée (entre âmes conductrices)	Tension la plus élevée pour le matériel (entre âmes conductrices)	Tension entre âme conductrice et écran pour la détermination des tensions d'essai	Essai de tension selon paragraphe 3.3	Essai de décharges partielles selon paragraphes 3.2 et 5.5.4	Mesure de pertes diélectriques, selon paragraphe 5.5.5	Tension au cours des cycles de chauffage, selon paragraphe 5.5.6	Tenue aux ondes de choc, selon paragraphe 5.5.7	Essai de tension après chocs, selon paragraphe 5.5.7 c)
U	U_m	U_0	$2,5 U_0$	$1,5 U_0$	U_0	$2 U_0$		$2,5 U_0$
kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV
45 à 47	52	26	65	39	26	52	250	65
60 à 69	72,5	36	90	54	36	72	325	90
110 à 115	123	64	160	96	64	128	550	160
132 à 138	145	76	190	114	76	152	650	190
150 à 161	170	87	218	131	87	174	750	218

TABLE I
Test voltages

Rated nominal voltage (between conductors) U	Highest voltage for equipment (between conductors) U_m	Value of U_0 (between conductor and screen) for determination of test voltages U_0	Test voltage of voltage test of Sub-clause 3.3	Test voltage of partial discharge test of Sub-clauses 3.2 and 5.5.4 $1.5 U_0$	Test voltage of $\tan \delta$ measurement of Sub-clause 5.5.5 U_0	Heating cycle voltage test of Sub-clause 5.5.6 $2 U_0$	Impulse voltage test of Sub-clause 5.5.7	Voltage test after impulse test of Item c) of Sub-clause 5.5.7 $2.5 U_0$
kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV
45 to 47	52	26	65	39	26	52	250	65
60 to 69	72.5	36	90	54	36	72	325	90
110 to 115	123	64	160	96	64	128	550	160
132 to 138	145	76	190	114	76	152	650	190
150 to 161	170	87	218	131	87	174	750	218

TABLEAU II
Prescriptions pour les essais électriques de type

0	Désignation du mélange isolant (voir paragraphe 1.4)	PE	HDPE	EPR	XLPE
00	Température assignée maximale de l'âme (°C)	70	80	90	90
1	$\tan \delta$ maximale 10^{-4}	10	10	50	10
2	Essai de décharges partielles Décharges maximales à $1,5 U_0$ (pC)	5	5	5	5

Note. — Les câbles isolés par un mélange XLPE contenant des additifs spéciaux peuvent avoir une valeur maximale de $\tan \delta$ à la température assignée de 50×10^{-4} .

TABLEAU III
Essais de type non électriques et essais de type sur les constituants de câbles

0	1	2	3	4	5	6	7	8
	Enveloppe isolante				Gaine non métallique			
Désignation du mélange (voir paragraphes 1.4 et 1.6)	PE	HDPE	EPR	XLPE	ST1	ST2	ST3	ST4
Vérifications de la construction Résistivité des couches semi-conductrices a) Sans vieillissement b) Après vieillissement du câble complet (Essai de compatibilité)	Applicables quels que soient l'enveloppe isolante et les matériaux de la gaine							
Propriétés mécaniques (Résistance à la traction et allongement à la rupture) a) sans vieillissement b) après vieillissement en étuve à air c) après vieillissement dans la bombe à air d) après vieillissement du câble complet (Essai de compatibilité)	x	x	x	x	x	x	x	x
Essai de pression à température élevée Comportement à basse température a) Essai d'allongement à froid b) Choc mécanique à froid Perte de masse en étuve à air Essais de chocs thermiques Essai de résistance à l'ozone Essai d'allongement à chaud Mesure de la masse volumique Mesure du taux de noir de carbone Essai de rétraction	x	x	x	x	x	x	x	x
Essai de câble soumis au feu (n'est applicable que lorsque le fabricant désire la conformité pour la conception du câble)	x	x		x				

«x» indique que l'essai de type est à appliquer

TABLE II
Electrical type test requirements

0	Designation of insulating compounds (see Sub-clause 1.4)	PE	HDPE	EPR	XLPE
00	Maximum rated conductor temperature (°C)	70	80	90	90
1	$\tan \delta$ maximum 10^{-4}	10	10	50	10
2	Partial discharge test Max. discharge at $1.5 U_0$ (pC)	5	5	5	5

Note. — Cables produced with an XLPE compound containing special additives may be subject to a maximum $\tan \delta$ at rated temperature of 50×10^{-4} .

TABLE III
Non-electrical type tests and type tests on cable components

0	1	2	3	4	5	6	7	8
	Insulation				Non-metallic sheath			
Designation of compound (See Sub-clauses 1.4 and 1.6)	PE	HDPE	EPR	XLPE	ST1	ST2	ST3	ST4
Checks on construction Resistivity of semiconducting layers a) Without ageing b) After ageing in complete cable (Compatibility test)	Applicable irrespective of insulation and sheathing materials							
Mechanical properties (Tensile strength and elongation at break) a) Without ageing b) After ageing in air oven c) After ageing in air bomb d) After ageing in complete cable (Compatibility test)	x	x	x	x	x	x	x	x
Pressure test at high temperature Behaviour at low temperature a) Cold elongation test b) Cold impact test Loss of mass in air oven Heat shock test Ozone resistance test Hot set test Measurement of density Carbon black content Shrinkage test Test under fire conditions (only required if the manufacturer wishes to claim compliance for the cable design)	x	x	x	x	x	x	x	x

"x" indicates that the type test is to be applied.

TABEAU IV
*Prescriptions d'essai pour les caractéristiques
mécaniques des matériaux pour enveloppes isolantes
(avant et après vieillissement)*

0	1	2	3	4	5	6
	Désignation du mélange (Voir paragraphe 1.4)	Unités	EPR	XLPE	PE	HDPE
	Température maximale assignée de l'âme	°C	90	90	70	80
1.0	<i>Sans vieillissement</i> (Publication 811-1-1 de la CEI, article 9)					
1.1	Résistance à la traction, minimale	N/mm ²	4,2	12,5	10,0	12,5
1.2	Allongement à la rupture, minimal	%	200	200	300	350
2.0	<i>Après vieillissement en étuve à air</i> (Publication 811-1-2 de la CEI, article 8)					
2.1	Traitement: température	°C	135	135	100	110
	tolérance	°C	±3	±3	±2	±2
	durée	jours	7	7	10	10
2.2	Résistance à la traction:					
	a) valeur résiduelle minimale	N/mm ²	—	—	—	—
	b) variation* maximale	%	±30	±25	—	—
2.3	Allongement à la rupture:					
	a) valeur résiduelle minimale	%	—	—	300	350
	b) variation* maximale	%	±30	±25	—	—
3.0	<i>Après vieillissement dans la bombe à air</i> à 55 ± 2 N/cm ² (Publication 811-1-2 de la CEI, article 8)					
3.1	Traitement: température	°C	127	—	—	—
	tolérance	°C	±1	—	—	—
	durée	h	40	—	—	—
	Variation* de:					
3.2	Résistance à la traction, maximale	%	±30	—	—	—
3.3	Allongement à la rupture, maximal	%	±30	—	—	—

* Variation: Différence entre la valeur médiane obtenue après vieillissement et la valeur médiane obtenue sans vieillissement, exprimée en pourcentage de cette dernière.

TABEAU V
*Prescriptions d'essai pour les caractéristiques
mécaniques des matériaux de gaine
(avant et après vieillissement)*

0	1	2	3	4	5	6
	Désignation du mélange (Voir paragraphe 1.6)	Unités	ST1	ST2	ST3	ST4
1.0	<i>Sans vieillissement</i> (Publication 811-1-1 de la CEI, article 9)					
1.1	Résistance à la traction, minimale	N/mm ²	12,5	12,5	10,0	12,5
1.2	Allongement à la rupture, minimal	%	150	150	300	300
2.0	<i>Après vieillissement en étuve à air</i> (Publication 811-1-2 de la CEI, article 8)					
2.1	Traitement: température	°C	100	100	100	110
	tolérance	°C	±2	±2	±2	±2
	durée	jours	7	7	10	14
2.2	Résistance à la traction:					
	a) valeur résiduelle minimale	N/mm ²	12,5	12,5	—	—
	b) variation* maximale	%	±25	±25	—	—
2.3	Allongement à la rupture:					
	a) valeur résiduelle minimale	%	150	150	300	300
	b) variation* maximale	%	±25	±25	—	—
3.0	<i>Essai de pression à température élevée</i> (Publication 811-3-1 de la CEI, article 8)					
3.1	Température d'essai	°C	80	90	—	115
	Tolérance	°C	±2	±2	—	±2
3.2	Durée sous charge	h	6	6	—	6
3.3	Profondeur maximale de l'empreinte	%	50	50	—	50

* Variation: Différence entre la valeur médiane obtenue après traitement et la valeur médiane obtenue sans traitement, exprimée en pourcentage de cette dernière.

TABLE IV
Test requirements for
mechanical characteristics of insulating materials
before and after ageing

0	1	2	3	4	5	6
	Designation of compounds (See Sub-clause 1.4)	Units	EPR	XLPE	PE	HDPE
	Maximum rated conductor temperature	°C	90	90	70	80
1.0	<i>Without ageing</i> (IEC Publication 811-1-1, Clause 9)					
1.1	Tensile strength, minimum	N/mm ²	4.2	12.5	10.0	12.5
1.2	Elongation at break, minimum	%	200	200	300	350
2.0	<i>After ageing in air oven</i> (IEC Publication 811-1-2, Clause 8)					
2.1	Treatment: temperature tolerance duration	°C °C days	135 ±3 7	135 ±3 7	100 ±2 10	110 ±2 10
2.2	Tensile strength: a) Residual value minimum b) Variation* maximum	N/mm ² %	— ±30	— ±25	— —	— —
2.3	Elongation at break: a) Residual value minimum b) Variation* maximum	% %	— ±30	— ±25	300 —	350 —
3.0	<i>After ageing in air bomb</i> at 55 ± 2 N/cm ² (IEC Publication 811-1-2, Clause 8)					
3.1	Treatment: temperature tolerance duration	°C °C h	127 ±1 40	— — —	— — —	— — —
	Variation* of:					
3.2	Tensile strength, maximum	%	±30	—	—	—
3.3	Elongation at break, maximum	%	±30	—	—	—

* Variation: Difference between the median value obtained after ageing and the median value obtained without ageing, expressed as a percentage of the latter.

TABLE V
Test requirements for
mechanical characteristics of sheathing materials
before and after ageing

0	1	2	3	4	5	6
	Designation of compound (see Sub-clause 1.6)	Units	ST1	ST2	ST3	ST4
1.0	<i>Without ageing</i> (IEC Publication 811-1-1, Clause 9)					
1.1	Tensile strength, minimum	N/mm ²	12.5	12.5	10.0	12.5
1.2	Elongation at break, minimum	%	150	150	300	300
2.0	<i>After ageing in air oven</i> (IEC Publication 811-1-2, Clause 8)					
2.1	Treatment: temperature tolerance duration	°C °C days	100 ±2 7	100 ±2 7	100 ±2 10	110 ±2 14
2.2	Tensile strength: a) Residual value minimum b) Variation* maximum	N/mm ² %	12.5 ±25	12.5 ±25	— —	— —
2.3	Elongation at break: a) Residual value minimum b) Variation* maximum	% %	150 ±25	150 ±25	300 —	300 —
3.0	<i>Pressure test at high temperature</i> (IEC Publication 811-3-1, Clause 8)					
3.1	Test temperature Tolerance	°C °C	80 ±2	90 ±2	—	115 ±2
3.2	Time under load	h	6	6	—	6
3.3	Maximum depth of indentation	%	50	50	—	50

* Variation: Difference between the median value obtained after treatment and the median value obtained without treatment, expressed as a percentage of the latter.