

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60840

Deuxième édition
Second edition
1999-02

**Câbles d'énergie à isolation extrudée et leurs
accessoires pour des tensions assignées
supérieures à 30 kV ($U_m = 36$ kV)
et jusqu'à 150 kV ($U_m = 170$ kV) –
Méthodes et prescriptions d'essai**

**Power cables with extruded insulation
and their accessories for rated voltages
above 30 kV ($U_m = 36$ kV)
up to 150 kV ($U_m = 170$ kV) –
Test methods and requirements**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60840:1999

Numéros des publications

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

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

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

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

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

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

Numbering

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

Consolidated publications

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

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

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

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

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60840

Deuxième édition
Second edition
1999-02

**Câbles d'énergie à isolation extrudée et leurs
accessoires pour des tensions assignées
supérieures à 30 kV ($U_m = 36$ kV)
et jusqu'à 150 kV ($U_m = 170$ kV) –
Méthodes et prescriptions d'essai**

**Power cables with extruded insulation
and their accessories for rated voltages
above 30 kV ($U_m = 36$ kV)
up to 150 kV ($U_m = 170$ kV) –
Test methods and requirements**

© IEC 1999 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

V

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application.....	6
2 Références normatives	6
3 Définitions	8
4 Désignations des tensions et des matériaux.....	10
5 Précautions contre l'entrée d'eau dans les câbles	10
6 Caractéristiques du câble	12
7 Caractéristiques des accessoires.....	12
8 Conditions d'essai	14
9 Essais individuels des câbles.....	14
10 Essais sur prélèvements des câbles	16
11 Essais de type des câbles.....	24
12 Essais de type sur ensembles, câbles et accessoires	38
13 Essais électriques après pose.....	42
Annexe A (normative) Arrondissement des nombres.....	56
Annexe B (normative) Méthode de mesure de la résistivité des écrans semi-conducteurs.....	58
Annexe C (normative) Essai de pénétration d'eau	62
Annexe D (normative) Essais de la protection externe des jonctions enterrées	66
Tableau 1 – Mélanges isolants pour câbles.....	44
Tableau 2 – Tensions d'essai	44
Tableau 3 – Prescriptions pour les essais électriques de type pour mélanges isolants pour câbles	46
Tableau 4 – Essais de type non électriques pour mélanges pour enveloppes isolantes et gaines de câbles.....	46
Tableau 5 – Prescriptions d'essai pour les caractéristiques mécaniques des mélanges pour enveloppes isolantes de câbles (avant et après vieillissement)	48
Tableau 6 – Prescriptions d'essai pour les caractéristiques mécaniques des mélanges de gaine de câbles (avant et après vieillissement)	50
Tableau 7 – Prescriptions d'essai pour les caractéristiques particulières des mélanges pour enveloppes isolantes de câbles	52
Tableau 8 – Prescriptions d'essai pour les caractéristiques particulières des mélanges à base de polyéthylène thermoplastique pour gaines de câbles.....	52
Tableau 9 – Prescriptions d'essai pour les caractéristiques particulières des mélanges à base de PVC pour gaines de câbles	54
Tableau D.1 – Essais aux ondes de choc	68

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Definitions	9
4 Voltage designations and materials	11
5 Precautions against water penetration in cables	11
6 Cable characteristics	13
7 Accessory characteristics	13
8 Test conditions	15
9 Routine tests on cables	15
10 Sample tests on cables	17
11 Type tests on cables	25
12 Type tests on systems, cable and accessories	39
13 Electrical tests after installation	43
Annex A (normative) Rounding of numbers	57
Annex B (normative) Method of measuring resistivity of semi-conducting screens	59
Annex C (normative) Water penetration test	63
Annex D (normative) Tests of outer protection for buried joints	67
Table 1 – Insulating compounds for cables	45
Table 2 – Test voltages	45
Table 3 – Electrical type test requirements for insulating compounds for cables	47
Table 4 – Non-electrical type tests for insulating and sheathing compounds for cables	47
Table 5 – Test requirements for mechanical characteristics of insulating compounds for cables (before and after ageing)	49
Table 6 – Test requirements for mechanical characteristics of sheathing compounds for cables (before and after ageing)	51
Table 7 – Test requirements for particular characteristics of insulating compounds for cables	53
Table 8 – Test requirements for particular characteristics of thermoplastic polyethylene sheathing compounds for cables	53
Table 9 – Test requirements for particular characteristics of PVC sheathing compounds for cables	55
Table D.1 – Impulse voltage tests	69

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CÂBLES D'ÉNERGIE À ISOLATION EXTRUDÉE ET LEURS ACCESSOIRES POUR DES TENSIONS ASSIGNÉES SUPÉRIEURES À 30 kV ($U_m = 36$ kV) ET JUSQU'À 150 kV ($U_m = 170$ kV) –

MÉTHODES ET PRESCRIPTIONS D'ESSAI

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60840 a été établie par le sous-comité 20A: Câbles de haute tension du Comité d'études 20 de la CEI: Câbles électriques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1988, son amendement 1 (1991) et son amendement 2 (1993), et constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
20A/399/FDIS	20A/404/RVD

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**POWER CABLES WITH EXTRUDED INSULATION AND THEIR ACCESSORIES
FOR RATED VOLTAGES ABOVE 30 kV ($U_m = 36$ kV)
UP TO 150 kV ($U_m = 170$ kV) –
TEST METHODS AND REQUIREMENTS**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60840 has been prepared by subcommittee 20A: High-voltage cables, of IEC technical committee 20: Electric cables.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1988, its amendment 1 (1991) and its amendment 2 (1993), and constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
20A/399/FDIS	20A/404/RVD

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

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

CÂBLES D'ÉNERGIE À ISOLATION EXTRUDÉE ET LEURS ACCESSOIRES POUR DES TENSIONS ASSIGNÉES SUPÉRIEURES À 30 kV ($U_m = 36$ kV) ET JUSQU'À 150 kV ($U_m = 170$ kV) –

MÉTHODES ET PRESCRIPTIONS D'ESSAI

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les prescriptions d'essai applicables aux câbles à isolation extrudée et à leurs accessoires pour installations fixes, pour des tensions assignées supérieures à 30 kV ($U_m = 36$ kV) et jusqu'à 150 kV compris ($U_m = 170$ kV).

Les prescriptions sont applicables aux câbles unipolaires et aux câbles tripolaires à conducteurs distincts et à leurs accessoires, pour des conditions habituelles d'installation et de fonctionnement, mais ne le sont pas à des câbles spéciaux et à leurs accessoires, 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.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60060-1:1989, *Techniques des essais à haute tension – Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60183:1984, *Guide pour le choix des câbles à haute tension*

CEI 60228:1978, *Ames des câbles isolés*

CEI 60229:1982, *Essais sur les gaines extérieures des câbles, qui ont une fonction spéciale de protection et sont appliquées par extrusion*

CEI 60230:1966, *Essais de choc des câbles et de leurs accessoires*

CEI 60332-1:1993, *Essais des câbles électriques soumis au feu – Partie 1: Essai sur un conducteur ou câble isolé vertical*

CEI 60811-1-1:1993, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Partie 1: Méthodes d'application générale – Section 1: Mesure des épaisseurs et des dimensions extérieures – Détermination des propriétés mécaniques*

CEI 60811-1-2:1985, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Première partie: Méthodes d'application générale – Section deux: Méthodes de vieillissement thermique*

CEI 60811-1-3:1993, *Matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Méthodes d'essais communes – Partie 1: Application générale – Section 3: Méthodes de détermination de la masse volumique – Essais d'absorption d'eau – Essai de rétraction*

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

TEST METHODS AND REQUIREMENTS

1 Scope

This International Standard specifies test requirements for power cables with extruded insulation and their accessories for fixed installations, for rated voltages above 30 kV ($U_m = 36$ kV) up to and including 150 kV ($U_m = 170$ kV).

The requirements apply to single-core cables and to three-core cables with separate cores and to their accessories for usual conditions of installation and operation, but not to special cables and their accessories, such as submarine cables, for which modifications to the standard tests may be necessary or special test conditions may need to be devised.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of ISO and IEC maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60060-1:1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60183:1984, *Guide to the selection of high-voltage cables*

IEC 60228:1978, *Conductors of insulated cables*

IEC 60229:1982, *Tests on cable oversheaths which have a special protective function and are applied by extrusion*

IEC 60230:1966, *Impulse tests on cables and their accessories*

IEC 60332-1:1993, *Tests on electric cables under fire conditions – Part 1: Test on a single vertical insulated wire or cable*

IEC 60811-1-1:1993, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 1: Methods for general application – Section 1: Measurement of thickness and overall dimensions – Tests for determining the mechanical properties*

IEC 60811-1-2:1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 1: Methods for general application – Section Two: Thermal ageing methods*

IEC 60811-1-3:1993, *Insulating and sheathing materials of electric cables – Common test methods – Part 1: General application – Section 3: Methods for determining the density – Water absorption tests – Shrinkage test*

CEI 60811-1-4:1985, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Première partie: Méthodes d'application générale – Section quatre: Essais à basse température*

CEI 60811-2-1:1998, *Matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques et optiques – Méthodes d'essais communes – Partie 2-1: Méthodes spécifiques pour les mélanges élastomères – Essais relatifs à la résistance à l'ozone, à l'allongement à chaud et à la résistance à l'huile*

CEI 60811-3-1:1985, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Troisième partie: Méthodes spécifiques pour les mélanges PVC – Section un: Essai de pression à température élevée – Essais de résistance à la fissuration*

CEI 60811-3-2:1985, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Partie 3: Méthodes spécifiques pour les mélanges PVC – Section deux: Essai de perte de masse – Essai de stabilité thermique*

CEI 60811-4-1:1985, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Partie 4: 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*

CEI 60885-2:1987, *Méthodes d'essais électriques pour les câbles électriques – Deuxième partie: Essais de décharges partielles*

CEI 60885-3:1988, *Méthodes d'essais électriques pour les câbles électriques – Troisième partie: Méthodes d'essais pour mesures de décharges partielles sur longueurs de câbles de puissance extrudés*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 Définitions de valeurs dimensionnelles (épaisseurs, sections, etc.)

3.1.1

valeur nominale

valeur par laquelle une grandeur est dénommée et qui est souvent utilisée dans les tableaux

NOTE – Régulièrement, dans cette norme, les valeurs nominales correspondent à des valeurs qui sont vérifiées par des mesures, tenant compte des tolérances spécifiées.

3.1.2

valeur médiane

quand plusieurs résultats d'essais sont obtenus et classés par ordre de valeurs croissantes (ou décroissantes), valeur du milieu de la série si le nombre de valeurs disponibles est impair, et moyenne arithmétique des deux valeurs centrales de la série si le nombre est pair

3.2 Définitions relatives aux essais

3.2.1

essais individuels sur les câbles

essais effectués par le fabricant sur chacune des longueurs de câble produites afin de vérifier que chaque longueur répond aux caractéristiques spécifiées

IEC 60811-1-4:1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 1: Methods for general application – Section Four: Tests at low temperature*

IEC 60811-2-1:1998, *Insulating and sheathing materials of electric and optical cables – Common test methods – Part 2-1: Methods specific to elastomeric compounds – Ozone resistance, hot set and mineral oil immersion tests*

IEC 60811-3-1:1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 3: Methods specific to PVC compounds – Section One: Pressure test at high temperature – Tests for resistance to cracking*

IEC 60811-3-2:1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 3: Methods specific to PVC compounds – Section Two: Loss of mass test – Thermal stability test*

IEC 60811-4-1:1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – 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*

IEC 60885-2:1987, *Electrical test methods for electric cables – Part 2: Partial discharge tests*

IEC 60885-3:1988, *Electrical test methods for electric cables – Part 3: Test methods for partial discharge measurement on lengths of extruded power cables*

3 Definitions

For the purpose of this International Standard, the following definitions apply.

3.1 Definitions of dimensional values (thicknesses, cross-sections, etc.)

3.1.1

nominal value

value by which a quantity is designated and which is often used in tables

NOTE – Usually, in this standard, nominal values give rise to values to be checked by measurements taking into account specified tolerances.

3.1.2

median value

when several test results have been obtained and ordered in an increasing (or decreasing) succession, middle value if the number of available values is odd, and mean of the two middle values if the number is even

3.2 Definitions concerning the tests

3.2.1

routine tests on cables

tests made by the manufacturer on each manufactured length of cable to check that the whole of each length meets the specified requirements

3.2.2

essais sur prélèvements sur les câbles

essais effectués par le fabricant sur des échantillons de câble complet ou sur des constituants prélevés sur câble complet, à une fréquence spécifiée, afin de vérifier que le produit fini répond aux caractéristiques spécifiées

3.2.3

essais de type

essais effectués avant la livraison sur une base commerciale générale d'un type de câble ou de câble et d'accessoires visés par la présente norme, afin de démontrer que leurs caractéristiques répondent aux applications prévues. Ces essais sont de telle nature qu'après avoir été effectués avec succès, il n'est pas nécessaire de les répéter, à moins que des modifications n'aient été introduites dans les matériaux constituant le câble ou les accessoires, dans leur conception ou dans leur procédé de fabrication, susceptibles d'en modifier les caractéristiques

3.2.4

essais électriques après pose

essais effectués pour vérifier l'intégrité du câble et de ses accessoires après la pose

4 Désignations des tensions et des matériaux

4.1 Tensions assignées

Dans cette norme, les symboles U_0 , U et U_m sont utilisés pour désigner les tensions assignées des câbles et accessoires, ces symboles ayant la signification donnée dans la CEI 60183.

4.2 Mélanges isolants pour câbles

La présente norme s'applique aux câbles isolés au moyen des mélanges énumérés dans le tableau 1, qui spécifie également pour les câbles, avec chaque type de mélange isolant, les températures maximales de service de l'âme servant de base aux conditions d'essai spécifiées.

4.3 Mélanges pour gaines non métalliques de câbles

Les essais sont spécifiés pour quatre types de gaines non métalliques comme suit:

- ST_1 et ST_2 à base de PVC;
- ST_3 et ST_7 à base de polyéthylène.

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

NOTE – Les températures limites données dans la CEI 60502-2* ne s'appliquent pas obligatoirement à cette norme.

5 Précautions contre l'entrée d'eau dans les câbles

Des essais de pénétration radiale de l'eau n'étant pas inclus dans la présente norme, une barrière imperméable à l'eau est recommandée autour du câble.

Un essai de pénétration longitudinale d'eau est donné en 11.4.15.

* CEI 60502-2:1997, *Câbles d'énergie à isolant extrudé et leurs accessoires pour des tensions assignées de 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) à 30 kV ($U_m = 36$ kV) – Partie 2: Câbles de tensions assignées de 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) à 30 kV ($U_m = 36$ kV).*

3.2.2

sample tests on cables

tests made by the manufacturer on samples of completed cable or components taken from a completed cable, at a specified frequency, so as to verify that the finished product meets the specified requirements

3.2.3

type tests

tests made before supplying on a general commercial basis a type of cable or cable and accessories covered by this standard, in order to demonstrate satisfactory performance characteristics to meet the intended application. Once successfully completed, these tests need not be repeated, unless changes are made in the cable or accessory materials, or design or manufacturing process which might change the performance characteristics

3.2.4

electrical tests after installation

tests made to demonstrate the integrity of the cable and its accessories as installed

4 Voltage designations and materials

4.1 Rated voltages

In this standard, the symbols U_0 , U and U_m are used to designate the rated voltages of cables and accessories where these symbols have the meanings given in IEC 60183.

4.2 Cable insulating materials

This standard applies to cables insulated with the materials listed in table 1. It also specifies for cables with each type of insulating compound the maximum operating conductor temperatures on which the specified test conditions are based.

4.3 Non-metallic cable sheathing materials

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

- ST_1 and ST_2 based on PVC;
- ST_3 and ST_7 based on polyethylene.

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

NOTE – The temperature limits given in IEC 60502-2* need not apply to this standard.

5 Precautions against water penetration in cables

As tests for radial water penetration are not included in this standard, a water impermeable barrier around the cable is recommended.

A test for longitudinal water penetration is given in 11.4.15.

* IEC 60502-2:1997, *Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) – Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV).*

6 Caractéristiques du câble

Dans le but de réaliser et d'enregistrer les essais décrits dans cette norme, les caractéristiques suivantes doivent être connues ou annoncées.

6.1 La tension assignée: les valeurs de U_0 , U , U_m doivent être indiquées (voir 4.1 et 8.4).

6.2 Le type d'âme, son matériau constitutif et sa section nominale, exprimée en millimètres carrés. La présence éventuelle et la nature des dispositions prises pour assurer une étanchéité longitudinale.

6.3 Si la section nominale n'est pas en accord avec la CEI 60228, la résistance de l'âme en courant continu doit être annoncée.

6.4 La nature du matériau de l'enveloppe isolante (voir 4.2). Si l'enveloppe isolante est en PR, la présence d'additifs spéciaux doit être déclarée si la plus forte valeur de $\tan \delta$ selon le tableau 3 est valable.

6.5 L'épaisseur nominale de l'enveloppe isolante.

6.6 La présence éventuelle et la nature des dispositions prises pour assurer l'étanchéité au voisinage de l'écran.

6.7 La nature et la constitution de la gaine métallique éventuelle. Sinon, la nature, la constitution et l'épaisseur de l'écran métallique.

6.8 La nature du matériau de la gaine non métallique.

6.9 Le diamètre nominal sur âme (d).

6.10 Le diamètre nominal sur câble complet (D).

6.11 La capacité nominale entre l'âme et l'écran ou la gaine métallique.

7 Caractéristiques des accessoires

Dans le but de réaliser et d'enregistrer les essais décrits dans cette norme, les caractéristiques suivantes doivent être connues ou annoncées.

7.1 Les câbles utilisés pour les essais doivent être conformes aux articles 1 à 11 et doivent être correctement identifiés selon l'article 6.

7.2 Les raccords de connexion d'âme utilisés dans les accessoires doivent être correctement identifiés en ce qui concerne

- la technique de montage;
- les opérations d'ajustement indispensables et les matériels correspondants;
- la préparation des surfaces de contact;
- les type, numéro de référence et toute autre caractérisation du raccord de connexion.

7.3 Les accessoires à essayer doivent être correctement identifiés en ce qui concerne

- le nom du fabricant;
- les type, désignation, date de fabrication ou code de date;
- la tension assignée (voir 6.1 ci-dessus);
- les instructions de montage (référence et date).

6 Cable characteristics

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

6.1 Rated voltage: values shall be given for U_0 , U , U_m (see 4.1 and 8.4).

6.2 Type of conductor, its material and nominal cross-sectional area, in square millimetres. Presence, if any, and nature of measures taken to achieve longitudinal watertightness.

6.3 If the nominal cross-sectional area is not in accordance with IEC 60228, the d.c. conductor resistance shall be declared.

6.4 Nature of insulating material (see 4.2). If the insulation is XLPE, special additives shall be declared if the higher value of $\tan \delta$ according to table 3 is valid.

6.5 Nominal thickness of insulation.

6.6 Presence, if any, and nature of watertightness measures in screening area.

6.7 Nature and construction of metallic sheath, if any. Otherwise, nature, construction and thickness of metallic screen.

6.8 Nature of non-metallic sheathing material.

6.9 Nominal diameter over conductor (d).

6.10 Nominal diameter over completed cable (D).

6.11 Nominal capacitance between conductor and metallic screen/sheath.

7 Accessory characteristics

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

7.1 Cables used for testing shall comply with clauses 1 to 11 and shall be correctly identified as in clause 6.

7.2 Conductor connectors used within the accessories shall be correctly identified with respect to

- assembly technique;
- tooling and necessary setting;
- preparation of contact surfaces;
- type, reference number and any other identification of the connector.

7.3 Accessories to be tested shall be correctly identified with respect to

- name of manufacturer;
- type, designation, manufacturing date or date code;
- rated voltage (see 6.1 above);
- installation instructions (reference and date).

8 Conditions d'essai

8.1 Température ambiante

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

8.2 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.

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

Conformément à la CEI 60230, la durée conventionnelle du front d'onde 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 . Les autres caractéristiques de l'onde de choc doivent être conformes à la CEI 60060-1.

8.4 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_0 , la valeur de U_0 pour la détermination des tensions d'essai doit être conforme au tableau 2.

Pour les câbles et les accessoires dont la tension assignée ne figure pas dans le tableau, la valeur de U_0 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 et l'accessoire 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_0 sur laquelle sont basées les tensions d'essai doit être égale à la valeur assignée, à savoir U , divisée par $\sqrt{3}$.

Les tensions d'essai figurant dans la norme sont fondées sur l'hypothèse que les câbles et les accessoires sont utilisés sur des réseaux de la catégorie A, telle que définie dans la CEI 60183.

9 Essais individuels des câbles

9.1 Généralités

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

- essai de décharges partielles (voir 9.2);
- essai de tension (voir 9.3);
- essai électrique sur gaine non métallique, s'il est prescrit (voir 9.4).

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 CEI 60229). Pour cette raison, cet essai ne doit être 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.

8 Test conditions

8.1 Ambient temperature

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

8.2 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.

8.3 Waveform of impulse test voltage

In accordance with IEC 60230 the impulse wave shall have a virtual front time between $1 \mu\text{s}$ and $5 \mu\text{s}$ and a nominal time to half the peak value between $40 \mu\text{s}$ and $60 \mu\text{s}$. In other respects the impulse wave shall be in accordance with IEC 60060-1.

8.4 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 2.

For cables and accessories of rated voltages 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 and accessory 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 rated value, i.e. U divided by $\sqrt{3}$.

The test voltages in the standard are based on the assumption that the cables and accessories are used on systems of category A, as defined in IEC 60183.

9 Routine tests on cables

9.1 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 (see 9.2);
- b) voltage test (see 9.3);
- c) electrical test on non-metallic sheath, if required (see 9.4).

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 60229). 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.

9.2 Essai de décharges partielles

L'essai de décharges partielles doit être conforme à la CEI 60885-3, excepté que la sensibilité, telle que définie dans la CEI 60885-3, doit être de 10 pC ou mieux.

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

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

9.3 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 jusqu'à la valeur spécifiée puis maintenue à cette valeur pendant 30 min entre l'âme et l'écran ou la gaine métallique.

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

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

9.4 Essai électrique sur gaine non métallique

Si cela est exigé dans un contrat ou une commande particulière, la gaine non métallique doit être soumise à l'essai électrique individuel spécifié dans la CEI 60229.

10 Essais sur prélèvements des câbles

10.1 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 sur touret, représentatives de lots.

- a) examen de l'âme (voir 10.4);
- b) mesure de la résistance électrique de l'âme (voir 10.5);
- c) mesure de l'épaisseur de l'enveloppe isolante et de celle de la gaine non métallique (voir 10.6);
- d) mesure de l'épaisseur de la gaine métallique (voir 10.7);
- e) mesure des diamètres, si cela est prescrit (voir 10.8);
- f) essai d'allongement à chaud des enveloppes isolantes en PR et EPR (voir 10.9);
- g) mesure de la capacité (voir 10.10);
- h) mesure de la masse volumique des enveloppes isolantes en PEHD (voir 10.11).

10.2 Fréquence des essais

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

9.2 Partial discharge test

The partial discharge test shall be carried out in accordance with IEC 60885-3, except that the sensitivity as defined in IEC 60885-3 shall be 10 pC or better.

The test voltage shall be raised gradually 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.

9.3 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/sheath.

The test voltage shall be $2,5 U_0$ (see table 2).

No breakdown of the insulation shall occur.

9.4 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 60229.

10 Sample tests on cables

10.1 General

The following tests shall be carried out 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 (see 10.4);
- b) measurement of electrical resistance of conductor (see 10.5);
- c) measurement of thickness of insulation and non-metallic sheath (see 10.6);
- d) measurement of thickness of metallic sheath (see 10.7);
- e) measurement of diameters, if required (see 10.8);
- f) hot set test for XLPE and EPR insulations (see 10.9);
- g) measurement of capacitance (see 10.10);
- h) measurement of density of HDPE insulation (see 10.11).

10.2 Frequency of tests

The sample tests shall be carried out on one length from each manufacturing series of the same type and cross-section of cable, but shall be limited to not more than 10 % of the number of lengths in any contract, rounded to the upper unity.

10.3 Répétition des essais

Si l'un des échantillons choisis ne satisfait pas à l'un des essais énumérés à l'article 10, on doit prélever de nouveaux échantillons sur deux autres longueurs de câble du même lot et les soumettre aux essais définitifs. Si ces deux longueurs sont satisfaisantes, l'ensemble des câbles du lot est considéré comme conforme aux prescriptions de cette norme. Si l'une ou l'autre des longueurs est déficiente, le lot de câbles est considéré comme non conforme.

10.4 Examen de l'âme

La conformité aux prescriptions de la CEI 60228 concernant la constitution de l'âme doit être vérifiée par examen et par mesure, lorsque cela est possible.

10.5 Mesure de la résistance électrique de l'âme

La longueur de câble complète, ou un échantillon prélevé sur elle, doit être placée dans le local d'essai maintenu à une température sensiblement constante pendant au moins 12 h avant l'essai. En cas de doute sur la coïncidence entre la température de l'âme et celle du local, la résistance de l'âme doit être mesurée après un séjour de 24 h dans le local d'essai. En variante, la résistance peut être mesurée sur un échantillon d'âme conditionné pendant au moins 1 h dans un bain de liquide à température réglée.

La résistance de l'âme en courant continu doit être ramenée à une température de 20 °C et à une longueur de 1 km au moyen des formules et facteurs indiqués dans la CEI 60228.

La résistance de l'âme en courant continu à 20 °C ne doit pas être supérieure à la valeur maximale correspondante indiquée dans la CEI 60228 si celle-ci s'applique.

10.6 Mesure de l'épaisseur de l'enveloppe isolante et de celle de la gaine non métallique du câble

10.6.1 Généralités

La méthode d'essai doit être conforme à celle qui est décrite dans l'article 8 de la CEI 60811-1-1.

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.

10.6.2 Prescriptions relatives à l'enveloppe isolante

La plus faible épaisseur mesurée en un point ne doit pas être inférieure à 90 % de l'épaisseur nominale:

$$t_{\min} \geq 0,90 t_n$$

en outre:

$$\frac{t_{\max} - t_{\min}}{t_{\max}} \leq 0,15$$

où

$t_{\max}$ est l'épaisseur maximale, en millimètres;

$t_{\min}$ est l'épaisseur minimale, en millimètres;

t_n est l'épaisseur nominale en millimètres.

NOTE – $t_{\max}$ et $t_{\min}$ sont les valeurs mesurées dans une seule et même coupe de l'enveloppe isolante.

L'épaisseur des écrans semi-conducteurs sur âme et sur enveloppe isolante ne doit pas être comprise dans l'épaisseur de l'enveloppe isolante.

10.3 Repetition of tests

If the samples from any length selected for the tests fail in any of the tests in clause 10, 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. If 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 requirements of this standard. If either fail, this batch of cables shall be regarded as having failed to comply.

10.4 Conductor examination

Compliance with the requirements of IEC 60228 for conductor construction shall be checked by inspection and measurement when practicable.

10.5 Measurement of electrical resistance of conductor

The completed cable length, or a sample thereof, shall be placed in the test room, which shall be maintained at a reasonably constant temperature for at least 12 h before the test. If there is a doubt that the conductor temperature is not 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 can be measured on a sample of conductor, conditioned for at least 1 h in a temperature-controlled liquid bath.

The d.c. resistance of the conductor shall be corrected to a temperature of 20 °C and 1 km length in accordance with the formulae and factors given in IEC 60228.

The d.c. resistance of the conductor at 20 °C shall not exceed the appropriate maximum value specified in IEC 60228 if applicable.

10.6 Measurement of thickness of insulation and non-metallic cable sheath

10.6.1 General

The test method shall be in accordance with clause 8 of IEC 60811-1-1.

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.

10.6.2 Requirements for the insulation

The lowest measured thickness at any point shall not fall below 90 % of the nominal thickness:

$$t_{\min} \geq 0,90 t_n$$

and additionally:

$$\frac{t_{\max} - t_{\min}}{t_{\max}} \leq 0,15$$

where

$t_{\max}$ is the maximum thickness, in millimetres;

$t_{\min}$ is the minimum thickness, in millimetres;

t_n is the nominal thickness, in millimetres.

NOTE – $t_{\max}$ and $t_{\min}$ are measured at one and the same cross-section of the insulation.

The thickness of the semi-conducting screens on the conductor and over the insulation shall not be included in the thickness of the insulation.

10.6.3 Prescriptions relatives à la gaine non métallique du câble

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

$$t_{\min} \geq t_n - (0,1 + 0,15 t_n)$$

où

$t_{\min}$ est l'épaisseur minimale, en millimètres;

t_n est l'épaisseur nominale, en millimètres.

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

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.

10.7 Mesure de l'épaisseur de la gaine métallique

Lorsque le câble comporte une gaine métallique de plomb, d'alliage de plomb ou d'aluminium, les essais suivants s'appliquent.

10.7.1 Gaine de plomb ou d'alliage de plomb

Lorsque le câble comporte une gaine de plomb ou d'alliage de plomb, l'épaisseur minimale de la gaine métallique ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale diminuée de 0,1 mm + 5 % de l'épaisseur nominale, c'est-à-dire:

$$t_{\min} \geq t_n - (0,1 + 0,05 t_n)$$

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

10.7.1.1 Méthode «à plat»

La mesure doit être effectuée à l'aide d'un micromètre à faces planes, de touches de diamètre de 4 mm à 8 mm et de précision $\pm 0,01$ mm.

La mesure doit être faite sur un échantillon de gaine de 50 mm de longueur environ, prélevé sur le câble complet. L'échantillon est fendu longitudinalement, puis soigneusement redressé. Après nettoyage de l'éprouvette, l'épaisseur de l'échantillon doit être mesurée le long de la périphérie de la gaine, à 10 mm au moins du bord de l'éprouvette redressée, en un nombre de points suffisamment grand pour être sûr que l'épaisseur minimale est mesurée.

10.7.1.2 Méthode de l'anneau

Les mesures doivent être faites à l'aide d'un micromètre ayant soit une touche plane et une touche sphérique, soit une touche plane et une touche rectangulaire de 0,8 mm de largeur et 2,4 mm de longueur. La touche sphérique ou la touche rectangulaire doit être appliquée sur la face intérieure de l'anneau. La précision du micromètre doit être de $\pm 0,01$ mm.

Les mesures sont prises sur un anneau de gaine soigneusement prélevé sur l'échantillon. L'épaisseur doit être mesurée en un nombre de points suffisant, sur la périphérie de l'anneau, afin d'être sûr d'obtenir l'épaisseur minimale.

10.6.3 Requirements for the non-metallic cable sheath

The lowest measured thickness shall not fall below the nominal thickness by more than 0,1 mm + 15 % of the nominal thickness, i.e:

$$t_{\min} \geq t_n - (0,1 + 0,15 t_n)$$

where

$t_{\min}$ is the minimum thickness, in millimetres;

t_n is the nominal thickness, in millimetres.

In addition, for sheaths applied onto a substantially smooth surface, the average of the measured values rounded to 0,1 mm in accordance with annex A, shall be not less than the nominal thickness.

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

10.7 Measurement of thickness of metallic sheath

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

10.7.1 Lead or lead alloy sheath

If the cable has a lead or lead alloy sheath, the minimum thickness of the metallic sheath shall not fall below the nominal thickness by more than 0,1 mm + 5 % of the nominal thickness, i.e.

$$t_{\min} \geq t_n - (0,1 + 0,05 t_n)$$

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

10.7.1.1 Strip method

The measurement shall be made with a micrometer with plane faces of 4 mm to 8 mm diameter and an accuracy of $\pm 0,01$ mm.

The measurement shall be made on a test piece of sheath about 50 mm in length removed from the completed cable. The piece shall be slit longitudinally and carefully flattened. After cleaning the test piece, a sufficient number of measurements shall be made along the circumference of the sheath and not less than 10 mm away from the edge of the flattened piece to ensure that the minimum thickness is measured.

10.7.1.2 Ring method

The measurements shall be made with a micrometer having either one flat nose and one ball nose, or one flat nose and a flat rectangular nose 0,8 mm wide and 2,4 mm long. The ball nose or the flat rectangular nose shall be applied to the inside of the ring. The accuracy of the micrometer shall be $\pm 0,01$ mm.

The measurements shall be made on a ring of the sheath carefully cut from the sample. The thickness shall be determined at a sufficient number of points around the circumference of the ring to ensure that the minimum thickness is measured.

10.7.2 Gaine lisse ou ondulée en aluminium

Les mesures doivent être effectuées 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.

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

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

$$t_{\min} \geq t_n - (0,1 + 0,1 t_n)$$

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

$$t_{\min} \geq t_n - (0,1 + 0,15 t_n)$$

Les mesures doivent être effectuées sur un anneau de gaine de 50 mm de largeur environ, soigneusement prélevé sur le câble complet. L'épaisseur doit être mesurée en un nombre de points suffisant, sur la périphérie de l'anneau, afin d'être sûr d'obtenir l'épaisseur minimale.

10.8 Mesure des diamètres

Lorsque l'acheteur demande que le diamètre du conducteur et/ou le diamètre extérieur du câble soient mesurés, les mesures doivent être effectuées conformément à 8.3 de la CEI 60811-1-1.

10.9 Essai d'allongement à chaud des enveloppes isolantes en PR et en EPR

10.9.1 Mode opératoire

L'échantillonnage et la méthode d'essai doivent être conformes à l'article 9 de la CEI 60811-2-1, les prescriptions d'essai étant données au tableau 7.

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.

10.9.2 Prescriptions

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions du tableau 7.

10.10 Mesure de la capacité

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

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

10.11 Mesure de la masse volumique des enveloppes isolantes en PEHD

10.11.1 Mode opératoire

La masse volumique du PEHD doit être mesurée en utilisant l'échantillonnage et le mode opératoire indiqués à l'article 8 de la CEI 60811-1-3.

10.7.2 Plain or corrugated aluminium sheath

The measurements shall be made with a micrometer having ball noses of radii about 3 mm. The accuracy shall be $\pm 0,01$ mm.

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

0,1 mm + 10 % of the nominal thickness for plain aluminium sheath, i.e.

$$t_{\min} \geq t_n - (0,1 + 0,1 t_n)$$

0,1 mm + 15 % of the nominal thickness for corrugated aluminium sheath, i.e.

$$t_{\min} \geq t_n - (0,1 + 0,15 t_n)$$

The measurements shall be made on a ring of the sheath, about 50 mm wide, carefully removed from the completed cable. The thickness shall be determined at a sufficient number of points around the circumference of the ring to ensure that the minimum thickness is measured.

10.8 Measurement of diameter

If the purchaser requires that the diameter of the core and/or the overall diameter of the cable shall be measured, the measurements shall be carried out in accordance with 8.3 of IEC 60811-1-1.

10.9 Hot set test for XLPE and EPR insulations

10.9.1 Procedure

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with clause 9 of IEC 60811-2-1, employing the test requirements given in table 7.

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.

10.9.2 Requirements

The test results shall comply with the requirements given in table 7.

10.10 Measurement of capacitance

The capacitance shall be measured between conductor and metallic screen/sheath.

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

10.11 Measurement of density of HDPE insulation

10.11.1 Procedure

The density of HDPE shall be measured using the sampling and test procedure given in clause 8 of IEC 60811-1-3.

10.11.2 Prescriptions

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions du tableau 7.

11 Essais de type des câbles

11.1 Etendue de l'acceptation de type

Si un échantillon de câble ou deux échantillons de câble de sections d'âme différentes ont subi avec succès les essais de type correspondant à une valeur donnée de tension assignée, l'acceptation 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 8.4). Ainsi, les essais sur un câble de tension assignée $U = 66$ kV sont aussi valables pour des câbles de tensions assignées $U = 60$ kV et $U = 69$ kV.

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

NOTE – Des câbles sont considérés comme étant de constitution similaire si la nature et le procédé de fabrication 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 (voir 11.3), à moins que ces différences ne soient susceptibles d'avoir un effet significatif sur les résultats. Il convient cependant de noter que, la présente norme étant limitée à des prescriptions d'essais et ne spécifiant pas la constitution 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 peut être opportun de reprendre un ou plusieurs des essais énumérés au 11.3 (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 les épaisseurs d'enveloppe isolante de ces câbles de sections intermédiaires conduisent à des valeurs calculées du gradient maximal sur l'écran sur âme qui ne soient pas supérieures à celles correspondant à la plus petite section essayée, et que ces épaisseurs ne soient pas inférieures à l'épaisseur de la plus forte section essayée.

De plus, sous réserve d'un accord entre fabricant et acheteur, des essais effectués avec succès sur un câble d'une tension assignée donnée peuvent être admis pour qualifier des câbles de tension assignée plus basse, à condition que la technique de fabrication soit la même pour les deux tensions, et que les gradients électriques de fonctionnement ne soient pas plus élevés 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 (voir 11.4) 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 (voir 11.4.4) si la combinaison des matériaux appliqués au-dessus de l'écran est différente de celle du câble qui a subi les essais de type antérieurement.

Un procès-verbal d'essai de type 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.

10.11.2 Requirements

The results of the test shall comply with the requirements given in table 7.

11 Type tests on cables

11.1 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 , highest voltage for equipment, and therefore the same test voltage levels (see 8.4). 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 manufacturing process of insulation material and the same forms of semi-conducting screens. Repetition of the electrical type tests (see 11.3) 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 11.3 (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 cross-sectional areas give calculated values of maximum electrical stress at the conductor screen not higher than that applying to the smaller cross-sectional area of cable tested, and that the thicknesses are also not less than the thickness of the larger cross-sectional area 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 (see 11.4) 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 completed cable to check compatibility of materials (see 11.4.4) 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.

11.2 Résumé des essais de type

Les essais de type doivent comprendre les essais électriques effectués sur le câble complet, spécifiés en 11.3, et les essais non électriques appropriés sur les constituants de câble et sur câble complet, spécifiés en 11.4.

Les essais électriques doivent être réalisés successivement sur un même échantillon de câble, sauf dans le cas prévu en 11.3.3. 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 non électriques sur les constituants de câble et sur câble complet sont résumés au tableau 4, qui indique les essais applicables à chaque type de matériau d'enveloppe isolante et de gaine. 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 du type du câble.

11.3 Essais électriques sur câble complet

Les essais énumérés en 11.3.2 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 11.3.3, tous les essais énumérés en 11.3.2 doivent être effectués successivement sur le même échantillon.

La mesure de la résistivité des écrans semi-conducteurs décrite en 11.3.9 doit être effectuée sur un échantillon séparé.

11.3.1 Vérification de l'épaisseur de l'enveloppe isolante du 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 en 8.1 de la CEI 60811-1-1, sur un tronçon représentatif de la longueur de câble à essayer, afin de vérifier que cette épaisseur n'est pas excessive en regard de la valeur nominale.

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

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

11.3.2 Séquence d'essais

La séquence normale d'essais doit être la suivante:

- a) essai d'enroulement suivi d'un essai de décharges partielles (voir 11.3.4 et 11.3.5);
- b) mesure de $\tan \delta$ (voir 11.3.6);
- c) essai de cycles de chauffage sous tension, suivi d'une mesure de décharges partielles, qui doit être effectuée après le dernier cycle ou, en variante, après l'essai aux ondes de choc (voir 11.3.7);
- d) essai aux ondes de choc, suivi d'un essai de tenue sous tension alternative à fréquence industrielle (voir 11.3.8);
- e) essai de décharges partielles, s'il n'a pas été réalisé en c) ci-dessus.

11.2 Summary of type tests

The type tests shall comprise the electrical tests on the completed cable, as specified in 11.3, and the appropriate non-electrical tests on cable components and completed cable, as specified in 11.4.

The electrical tests shall be carried out in sequence on one sample of cable, except as provided for in 11.3.3. 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 non-electrical tests on cable components and completed cable are summarized in table 4, 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.

11.3 Electrical type tests on completed cable

The tests listed in 11.3.2 shall be performed on samples of completed cable at least 10 m in length excluding the test accessories.

With the exception of the provisions of 11.3.3, all the tests listed in 11.3.2 shall be applied successively to the same sample.

Measurement of resistivity of semi-conducting screens described in 11.3.9 shall be made on a separate sample

11.3.1 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 8.1 of IEC 60811-1-1 on a representative piece of the length to be used for the tests, to check that the thickness is not excessive compared with the nominal value.

If the average thickness of the insulation does not exceed the nominal 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 nominal 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 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 have an average thickness not exceeding the nominal value by more than 15 %.

11.3.2 Sequence of tests

The normal sequence of tests shall be:

- a) bending test followed by a partial discharge test (see 11.3.4 and 11.3.5);
- b) $\tan \delta$ measurement (see 11.3.6);
- c) heating cycle voltage test, followed by partial discharge measurement, which shall be carried out after the final cycle or, alternatively, after the impulse voltage test (see 11.3.7);
- d) impulse voltage test followed by a power frequency a.c. voltage test (see 11.3.8);
- e) partial discharge test, if not previously carried out in c) above.

11.3.3 Dispositions particulières

L'essai b) ci-dessus peut être effectué sur un échantillon différent de celui qui est utilisé pour le reste de la séquence d'essais de 11.3.2.

11.3.4 Essai d'enroulement

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.

Le diamètre du cylindre d'essai ne doit pas être supérieur à

- $36 (d + D) + 5 \%$ pour les câbles sous gaine lisse en aluminium;
- $25 (d + D) + 5 \%$ pour les câbles à gaine en plomb, en alliage de plomb, à gaine métallique ondulée ou comportant une feuille de métal appliquée longitudinalement avec recouvrement;
- $20 (d + D) + 5 \%$ pour les autres câbles,

où

d est le diamètre nominal de l'âme, en millimètres;

D est le diamètre nominal extérieur du câble, en millimètres.

Après cet essai, le câble est soumis à un essai de décharges partielles et doit satisfaire aux prescriptions indiquées en 11.3.5.

11.3.5 Essai de décharges partielles

L'essai doit être effectué conformément à la CEI 60885-2, la sensibilité étant de 5 pC ou mieux.

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

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

11.3.6 Mesure de $\tan \delta$

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

L'échantillon doit être chauffé jusqu'à ce que l'âme atteigne une température qui se maintienne entre 5 °C et 10 °C au-dessus de la température maximale de l'âme en service normal.

La $\tan \delta$ doit être mesurée sous la tension U_0 à fréquence industrielle et à la température spécifiée ci-dessus.

La valeur mesurée ne doit pas être supérieure à la valeur donnée dans le tableau 3.

11.3.3 Special provisions

The test in item b) above may be carried out on a different sample from that used for the remainder of the sequence of tests listed in 11.3.2.

11.3.4 Bending test

The sample shall be bent around a test cylinder (for example, the hub of a drum) at ambient 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.

The diameter of the test cylinder shall not be greater than

- $36 (d + D) + 5 \%$ for cables with plain aluminium sheaths;
- $25 (d + D) + 5 \%$ for cables with lead, lead-alloy, corrugated metallic sheaths or with overlapped metal foil longitudinally applied;
- $20 (d + D) + 5 \%$ for others,

where

d is the nominal diameter of the conductor, in millimetres,

D is the nominal external diameter of the cable, in millimetres.

On completion of this test, the cable shall be subjected to a partial discharge test and shall comply with the requirements specified in 11.3.5.

11.3.5 Partial discharge test

The test shall be carried out in accordance with IEC 60885-2, the sensitivity being 5 pC or better.

The test voltage shall be raised gradually 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 5 pC.

11.3.6 Tan δ measurement

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 steady temperature which shall be 5 °C to 10 °C above the maximum conductor temperature in normal operation.

The tan δ shall be measured at a power frequency voltage of U_0 at the temperature specified above.

The measured value shall not exceed the value given in table 3.

11.3.7 Essai de cycles de chauffage sous tension

L'échantillon est courbé en forme de U selon le diamètre spécifié en 11.3.4.

L'échantillon doit être chauffé selon une méthode appropriée jusqu'à ce que l'âme atteigne une température qui se maintienne entre 5 °C et 10 °C au-dessus de la température maximale de l'âme en service normal.

Le chauffage doit être appliqué pendant au moins 8 h. La température de l'âme doit être maintenue entre les limites de température indiquées pendant au moins 2 h au cours de chaque période de chauffage. On laisse ensuite l'échantillon refroidir naturellement pendant au moins 16 h.

Les cycles de chauffage et de refroidissement doivent être répétés 20 fois au total.

Pendant toute la période d'essai, une tension de $2 U_0$ doit être appliquée à l'échantillon.

L'échantillon à température ambiante doit être soumis avec succès à l'essai de décharges partielles de 11.3.5, après le dernier cycle ou, en variante, après l'essai aux ondes de choc de 11.3.8.

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

L'essai doit être effectué sur l'échantillon à une température de l'âme qui se maintienne entre 5 °C et 10 °C au-dessus de la température maximale de l'âme en service normal.

La tension de choc doit être appliquée conformément au mode opératoire indiqué dans la CEI 60230.

Le câble doit résister sans perforation à 10 chocs positifs et à 10 chocs négatifs de tension de valeur appropriée, indiquée au tableau 2.

Après l'essai aux ondes de choc, l'échantillon de câble doit être soumis à un essai de tension à fréquence industrielle à $2,5 U_0$ pendant 15 min. Au choix du fabricant, l'essai peut être effectué soit pendant la période de refroidissement soit à la température ambiante.

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

Si cela n'a pas été réalisé à la fin de 11.3.7, l'échantillon doit être soumis à un essai de décharges partielles à la température ambiante comme indiqué en 11.3.5.

11.3.9 Résistivité des écrans semi-conducteurs

La résistivité des écrans semi-conducteurs extrudés, appliqués sur âme et sur 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 en 11.4.4, destiné à vérifier la compatibilité des matériaux constitutifs.

11.3.9.1 Mode opératoire

La procédure d'essai doit être conforme à la description donnée à l'annexe B.

Les mesures doivent être effectuées à la température maximale de l'âme en service normal, à ± 2 °C près.

11.3.9.2 Prescriptions

Avant et après vieillissement, la résistivité ne doit pas être supérieure aux valeurs suivantes:

- écran sur âme: $1\,000\ \Omega \cdot m$;
- écran sur enveloppe isolante: $500\ \Omega \cdot m$.

11.3.7 Heating cycle voltage test

The sample shall be in a U-bend having the diameter specified in 11.3.4.

The sample shall be heated by a suitable method until the conductor reaches a steady temperature 5 °C to 10 °C above the maximum conductor temperature in normal operation.

The heating shall be applied for at least 8 h. The conductor temperature shall be maintained within the stated temperature limits for at least 2 h of each heating period. This shall be followed by at least 16 h of natural cooling.

The cycle of heating and cooling shall be carried out 20 times.

During the whole of the test period a voltage of $2 U_0$ shall be applied to the sample.

The sample at ambient temperature shall be subjected to and shall comply with the requirements of the partial discharge test in accordance with 11.3.5 after the final cycle or, alternatively, after the impulse voltage test in 11.3.8.

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

The test shall be performed on the sample at a conductor temperature 5 °C to 10 °C above the maximum conductor temperature in normal operation.

The impulse voltage shall be applied according to the procedure given in IEC 60230.

The cable shall withstand without failure 10 positive and 10 negative voltage impulses of the appropriate value given in table 2.

After the impulse voltage test, the cable sample shall be subjected to a power frequency voltage test at $2,5 U_0$ for 15 min. At the discretion of the manufacturer, this test may be carried out either during the cooling period or at ambient temperature.

No breakdown of the insulation shall occur.

If not previously carried out at the end of 11.3.7, the sample shall be subjected to a partial discharge test at ambient temperature in accordance with 11.3.5.

11.3.9 Resistivity of semi-conducting screens

The resistivity of extruded semi-conducting screens 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 manufactured and a sample of cable which has been subjected to the ageing treatment to test the compatibility of component materials specified in 11.4.4.

11.3.9.1 Procedure

The test procedure shall be in accordance with annex B.

The measurements shall be made at a temperature within ± 2 °C of the maximum conductor temperature in normal operation.

11.3.9.2 Requirements

The resistivity, both before and after ageing, shall not exceed the following:

- conductor screen: 1 000 $\Omega \cdot m$;
- insulation screen: 500 $\Omega \cdot m$.

11.4 Essais de type non électriques sur les constituants du câble et sur câble complet

Le détail de ces essais est indiqué aux paragraphes 11.4.1 à 11.4.15.

11.4.1 Vérification de la constitution du câble

L'examen de l'âme et les mesures des épaisseurs de l'enveloppe isolante et de la gaine doivent être effectués conformément aux points 10.4, 10.6 et 10.7 et satisfaire aux prescriptions qui y sont données.

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

11.4.2.1 Echantillonnage

L'échantillonnage et la préparation des éprouvettes doivent être effectués conformément à 9.1 de la CEI 60811-1-1.

11.4.2.2 Vieillissement thermique

Le traitement de vieillissement doit être effectué conformément à 8.1 de la CEI 60811-1-2, selon les conditions indiquées au tableau 5.

11.4.2.3 Conditionnement et essais mécaniques

Le conditionnement et la mesure des propriétés mécaniques doivent être effectués conformément à 9.1 de la CEI 60811-1-1.

11.4.2.4 Prescriptions

Les résultats des essais sur les éprouvettes vieilles et non vieilles doivent satisfaire aux prescriptions du tableau 5.

11.4.3 Détermination des propriétés mécaniques des gaines non métalliques avant et après vieillissement

11.4.3.1 Echantillonnage

L'échantillonnage et la préparation des éprouvettes doivent être effectués conformément à 9.2 de la CEI 60811-1-1.

11.4.3.2 Vieillissement thermique

Le traitement de vieillissement doit être effectué conformément à 8.1 de la CEI 60811-1-2, selon les conditions indiquées au tableau 6.

11.4.3.3 Conditionnement et essais mécaniques

Le conditionnement et la mesure des propriétés mécaniques doivent être effectués conformément à 9.2 de la CEI 60811-1-1.

11.4.3.4 Prescriptions

Les résultats des essais sur les éprouvettes vieilles et non vieilles doivent satisfaire aux prescriptions du tableau 6.

11.4 Non-electrical type tests on cable components and on completed cable

Details of the tests are specified in subclauses 11.4.1 to 11.4.15.

11.4.1 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 given in 10.4, 10.6 and 10.7.

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

11.4.2.1 Sampling

Sampling and preparation of test pieces shall be carried out in accordance with 9.1 of IEC 60811-1-1.

11.4.2.2 Ageing treatment

The ageing treatment shall be carried out in accordance with 8.1 of IEC 60811-1-2 under the conditions specified in table 5.

11.4.2.3 Conditioning and mechanical tests

Conditioning and the measurement of mechanical properties shall be carried out in accordance with 9.1 of IEC 60811-1-1.

11.4.2.4 Requirements

The test results for unaged and aged test pieces shall comply with the requirements given in table 5.

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

11.4.3.1 Sampling

Sampling and preparation of test pieces shall be carried out in accordance with 9.2 of IEC 60811-1-1.

11.4.3.2 Ageing treatment

The ageing treatment shall be carried out in accordance with 8.1 of IEC 60811-1-2 under the conditions given in table 6.

11.4.3.3 Conditioning and mechanical tests

Conditioning and the measurement of mechanical properties shall be carried out in accordance with 9.2 of IEC 60811-1-1.

11.4.3.4 Requirements

The test results for unaged and aged test pieces shall comply with the requirements given in table 6.

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

11.4.4.1 Généralités

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

L'essai s'applique à tous les modèles de câbles.

11.4.4.2 Echantillonnage

Les échantillons destinés à l'essai sur l'enveloppe isolante et sur la gaine non métallique doivent être prélevés sur le câble complet comme indiqué en 8.1.4 de la CEI 60811-1-2.

11.4.4.3 Vieillissement thermique

Le vieillissement des tronçons de câble doit être effectué dans une étuve à air, conformément à 8.1.4 de la CEI 60811-1-2, dans les conditions suivantes:

- température: $(10 \pm 2) ^\circ\text{C}$ au-dessus de la température maximale de l'âme du câble en service normal (voir tableau 5);
- durée: $7 \times 24 \text{ h}$.

11.4.4.4 Essais mécaniques

Les éprouvettes d'enveloppe isolante et de gaine provenant des échantillons préalablement vieillis, doivent être préparées et soumises aux essais mécaniques comme indiqué en 8.1.4 de la CEI 60811-1-2.

11.4.4.5 Prescriptions

Les variations entre les valeurs médianes de résistance à la traction et d'allongement à la rupture après vieillissement et les valeurs correspondantes obtenues avant vieillissement (voir 11.4.2 et 11.4.3), ne doivent pas excéder les valeurs imposées après vieillissement en étuve à air spécifiées au tableau 5 pour les enveloppes isolantes et au tableau 6 pour les gaines.

11.4.5 Essai de perte de masse pour les gaines en PVC du type ST₂

11.4.5.1 Mode opératoire

L'essai de perte de masse pour les gaines du type ST₂ doit être réalisé conformément à 8.2 de la CEI 60811-3-2, dans les conditions indiquées au tableau 9.

11.4.5.2 Prescriptions

Les résultats doivent satisfaire aux prescriptions indiquées au tableau 9.

11.4.6 Essai de pression à température élevée sur les gaines

11.4.6.1 Mode opératoire

L'essai de pression à température élevée sur les gaines de type ST₁, ST₂ et ST₇ doit être effectué conformément à 8.2 de la CEI 60811-3-1, selon les conditions d'essai indiquées dans la méthode d'essai et dans le tableau 6.

11.4.4 Ageing tests on pieces of completed cable to check compatibility of materials

11.4.4.1 General

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

The test is applicable to cables of all types.

11.4.4.2 Sampling

Samples for the test on insulation and non-metallic sheath shall be taken from the completed cable as described in 8.1.4 of IEC 60811-1-2.

11.4.4.3 Ageing treatment

The ageing treatment of the pieces of cable shall be carried out in an air oven, as described in 8.1.4 of IEC 60811-1-2, under the following conditions:

- temperature: $(10 \pm 2) ^\circ\text{C}$ above the maximum conductor temperature of the cable in normal operation (see table 5);
- duration: 7×24 h.

11.4.4.4 Mechanical tests

Test pieces of insulation and sheath from the aged pieces of cable shall be prepared and subjected to mechanical tests as described in 8.1.4 of IEC 60811-1-2.

11.4.4.5 Requirements

The variations between the median values of tensile strength and elongation at break after ageing and the corresponding values obtained without ageing (see 11.4.2 and 11.4.3) shall not exceed the values applying to the test after ageing in an air oven given in table 5 for insulations and in table 6 for sheaths.

11.4.5 Loss of mass test on PVC sheaths of type ST₂

11.4.5.1 Procedure

The loss of mass test for ST₂ sheaths shall be carried out as described in 8.2 of IEC 60811-3-2 under the conditions given in table 9.

11.4.5.2 Requirements

The results shall comply with the requirements given in table 9.

11.4.6 Pressure test at high temperature on sheaths

11.4.6.1 Procedure

The pressure test at high temperature for ST₁, ST₂ and ST₇ sheaths shall be carried out as described in 8.2 of IEC 60811-3-1, employing the test conditions given in the test method and in table 6.

11.4.6.2 Prescriptions

Les résultats des essais doivent satisfaire aux prescriptions indiquées en 8.2 de la CEI 60811-3-1.

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

11.4.7.1 Mode opératoire

Les essais à basse température pour les gaines de type ST₁ et ST₂ doivent être effectués conformément à l'article 8 de la CEI 60811-1-4, les températures d'essai étant conformes au tableau 9.

11.4.7.2 Prescriptions

Les résultats des essais doivent satisfaire aux prescriptions de l'article 8 de la CEI 60811-1-4.

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

11.4.8.1 Mode opératoire

L'essai de choc thermique sur les gaines de type ST₁ et ST₂ doit être effectué conformément à 9.2 de la CEI 60811-3-1, la température d'essai et la durée de chauffage étant conformes au tableau 9.

11.4.8.2 Prescriptions

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions de 9.2 de la CEI 60811-3-1.

11.4.9 Essai de résistance à l'ozone des enveloppes isolantes en EPR

11.4.9.1 Mode opératoire

Les enveloppes isolantes en EPR doivent faire l'objet d'un essai de résistance à l'ozone selon l'échantillonnage et le mode opératoire spécifiés à l'article 8 de la CEI 60811-2-1. La concentration en ozone et la durée de l'essai sont indiquées au tableau 7.

11.4.9.2 Prescriptions

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions de l'article 8 de la CEI 60811-2-1.

11.4.10 Essai d'allongement à chaud pour les enveloppes isolantes en EPR et en PR

Les enveloppes isolantes en EPR et en PR doivent être soumises à l'essai d'allongement à chaud décrit en 10.9 et doivent satisfaire aux prescriptions qui y sont données.

11.4.11 Mesure de la masse volumique des enveloppes isolantes en PEHD

La masse volumique des enveloppes isolantes en PEHD doit être mesurée conformément aux indications de 10.11 et doit satisfaire aux prescriptions qui y sont données.

11.4.12 Mesure du taux de noir de carbone des gaines en PE de couleur noire

11.4.12.1 Mode opératoire

Le taux de noir de carbone des gaines de type ST₃ et ST₇ doit être mesuré en utilisant l'échantillonnage et le mode opératoire spécifiés à l'article 11 de la CEI 60811-4-1.

11.4.12.2 Prescriptions

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions du tableau 8.

11.4.6.2 Requirements

The results shall comply with the requirements given in 8.2 of IEC 60811-3-1.

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

11.4.7.1 Procedure

The tests at low temperature for ST₁ and ST₂ sheaths shall be carried out as described in clause 8 of IEC 60811-1-4, employing the test temperature given in table 9.

11.4.7.2 Requirements

The results of the tests shall comply with the requirements given in clause 8 of IEC 60811-1-4.

11.4.8 Heat shock test for PVC sheaths (ST₁ and ST₂)

11.4.8.1 Procedure

The heat shock test on ST₁ and ST₂ sheaths shall be carried out as described in 9.2 of IEC 60811-3-1, the test temperature and duration being in accordance with table 9.

11.4.8.2 Requirements

The results of the test shall comply with the requirements given in 9.2 of IEC 60811-3-1.

11.4.9 Ozone resistance test for EPR insulation

11.4.9.1 Procedure

EPR insulation shall be tested for resistance to ozone using the sampling and test procedure described in clause 8 of IEC 60811-2-1. The ozone concentration and test duration shall be in accordance with table 7.

11.4.9.2 Requirements

The results of the test shall comply with the requirements given in clause 8 of IEC 60811-2-1.

11.4.10 Hot set test for EPR and XLPE insulations

EPR and XLPE insulations shall be subjected to the hot set test described in 10.9 and shall comply with its requirements.

11.4.11 Measurement of density of HDPE insulation

The density of HDPE insulations shall be measured in accordance with 10.11 and shall comply with its requirements.

11.4.12 Measurement of carbon black content of black PE sheaths

11.4.12.1 Procedure

The carbon black content of ST₃ and ST₇ sheaths shall be measured using the sampling and test procedure described in clause 11 of IEC 60811-4-1.

11.4.12.2 Requirements

The results of the test shall comply with the requirements given in table 8.

11.4.13 Essai de rétraction des enveloppes isolantes en PE, PEHD et PR

11.4.13.1 Mode opératoire

L'essai de rétraction doit être effectué sur les enveloppes isolantes en PE, PEHD ou PR, selon l'échantillonnage et le mode opératoire indiqués à l'article 10 de la CEI 60811-1-3, et les conditions d'essai précisées au tableau 7.

11.4.13.2 Prescriptions

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions du tableau 7.

11.4.14 Essai des câbles soumis au feu

L'essai de comportement en présence de feu doit être conforme à la CEI 60332-1. Il 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 CEI 60332-1.

11.4.15 Essai de pénétration d'eau

L'essai de pénétration d'eau doit être appliqué aux technologies de câbles pour lesquelles le fabricant déclare avoir prévu des barrières empêchant la pénétration longitudinale de l'eau. L'essai est conçu pour être appliqué aux câbles enterrés et n'est pas destiné aux câbles prévus pour un usage sous-marin.

L'essai s'applique aux constitutions suivantes de câble:

- a) une barrière est prévue pour empêcher la pénétration longitudinale d'eau dans l'intervalle compris entre la surface externe de l'écran semi-conducteur sur enveloppe isolante et la barrière d'étanchéité;
- b) une barrière est prévue pour empêcher la pénétration longitudinale de l'eau dans l'âme.

L'appareillage, l'échantillonnage, la méthode d'essai et les prescriptions doivent être conformes à l'annexe C.

12 Essais de type sur ensembles, câbles et accessoires

12.1 Généralités

Les essais spécifiés dans cet article sont destinés à démontrer la performance satisfaisante des accessoires en réseau. Si un échantillon d'accessoire, ou deux échantillons d'accessoires de section d'âme différente ont subi avec succès les essais de type correspondant à une spécification et à une tension assignée données, l'étendue de l'acceptation de type est celle donnée en 11.1, si cela s'applique. En outre, le champ électrique au niveau de l'écran sur enveloppe isolante du câble auquel l'accessoire est destiné ne doit pas être supérieur à celui du câble utilisé pour l'essai de type de l'accessoire.

Un essai de type qualifie l'accessoire devant être utilisé soit avec le câble avec lequel il a été essayé, soit avec un câble du même fabricant, soit avec un câble de constitution similaire, comme défini en 11.1b).

Les accessoires doivent être montés conformément aux instructions du fabricant avec les qualités et les quantités de matériaux compris dans la fourniture, lubrifiants éventuels inclus.

Les accessoires doivent être secs et propres, mais ni les câbles ni les accessoires ne doivent être soumis à un conditionnement qui ne soit pas spécifié dans les instructions du fabricant, susceptible de modifier les caractéristiques électriques, thermiques ou mécaniques des montages d'essai.

11.4.13 Shrinkage test for PE, HDPE and XLPE insulations

11.4.13.1 Procedure

The shrinkage test shall be carried out on insulations of PE, HDPE or XLPE using the sampling and test procedure described in clause 10 of IEC 60811-1-3 and the conditions specified in table 7.

11.4.13.2 Requirements

The results of the test shall comply with the requirements given in table 7.

11.4.14 Test under fire conditions

The test under fire conditions in accordance with IEC 60332-1 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 given in IEC 60332-1.

11.4.15 Water penetration test

The water penetration test shall be applied to those designs of cable where the manufacturer claims that barriers to longitudinal water penetration have been included. The test is designed to meet the requirements for buried cables and is not intended to apply to cables which are constructed for use as submarine cables.

The test is applicable to the following cable designs:

- a) a barrier is included which prevents longitudinal water penetration along the gap between the outer surface of the insulation screen and the water impermeable barrier;
- b) a barrier is included which prevents longitudinal water penetration along the conductor.

The apparatus, sampling, test procedure and requirements shall be in accordance with annex C.

12 Type tests on systems, cable and accessories

12.1 General

The tests specified in this clause are intended to demonstrate the satisfactory performance of accessories in the system. When tests have been successfully performed on one type of accessory with a specific value of rated voltage on one sample or two samples for different cross-sectional areas of conductor, the range of type approval shall be as defined in 11.1 where appropriate. In addition, the electrical stress at the insulation screen of the cable for which the accessory is to be applied shall not exceed that in the cable used in the accessory type test.

A type test qualifies the accessory to be used with either the cable with which it has been tested or a cable from the same manufacturer or a cable of similar construction as defined in 11.1 b).

Accessories shall be assembled in the manner specified by the manufacturer's instructions, with the grade and quantity of materials supplied, including lubricants if any.

Accessories shall be dry and clean, but neither the cables nor the accessories shall be subjected to any form of conditioning not specified in the manufacturer's instructions which might modify the electrical, thermal or mechanical performance of the test assemblies.

Pendant les essais a) à e) de 12.3.1, la jonction doit être munie de sa protection externe, sauf s'il peut être démontré que cette protection n'exerce pas d'influence sur le comportement de l'enveloppe isolante ou de l'écran de la jonction (cette influence se traduit par un effet thermomécanique ou un effet de compatibilité).

NOTE – Les essais des extrémités sous condition climatique ne sont pas spécifiés dans cette norme.

12.2 Prescriptions

Les accessoires doivent satisfaire aux essais de 12.3 à 12.7 ci-après. Ces essais doivent être considérés comme valides pour le câble et les accessoires, à condition que les prescriptions de 11.3 soient satisfaites en totalité par le câble.

Lorsqu'une jonction est comprise dans l'installation d'essai, la longueur minimale de câble, entre la jonction et le bas de chaque extrémité, doit être de 5 m.

S'il y a plus d'une jonction, la même prescription s'applique et, en outre, la longueur minimale de câble entre les jonctions successives doit être de 3 m.

12.3 Essais

12.3.1 Séquence d'essais

Les accessoires doivent être soumis à la séquence d'essais suivante:

- a) essai de décharges partielles à la température ambiante (voir 12.4);
- b) essai de cycles de chauffage sous tension (voir 12.5);
- c) essais de décharges partielles (voir 12.4)
 - à température ambiante, et
 - à chaud.

Les essais doivent être effectués après le dernier cycle du point b) ci-dessus ou, en variante, après l'essai aux ondes de choc du point d) ci-dessous

- d) essai aux ondes de choc suivi d'un essai de tension à fréquence industrielle (voir 12.6);
- e) essais de décharges partielles, s'ils n'ont pas été réalisés en c) ci-dessus;
- f) essais sur la protection externe des jonctions enterrées (voir annexe D).

Les essais a) à e) doivent être réalisés successivement sur chaque boucle d'essais. Les tensions d'essai doivent être conformes aux valeurs données dans la colonne appropriée du tableau 2.

Les essais f) doivent être réalisés sur une jonction qui a satisfait à l'essai b), essai de cycles de chauffage sous tension, ou sur une jonction distincte qui a subi avec succès au moins trois cycles thermiques (voir annexe D).

NOTE – Si le câble et la jonction ne sont pas soumis à des conditions humides en service (c'est-à-dire non enterrés directement dans le sol, et sans immersion intermittente ou permanente dans l'eau), les essais f) peuvent être omis.

12.3.2 Examen

L'examen des accessoires doit être effectué après la réalisation des essais ci-dessus (voir 12.7).

12.4 Essais de décharges partielles

Les essais doivent être effectués à la température ambiante et à chaud, conformément à la CEI 60885-2, la sensibilité étant de 5 pC ou mieux.

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

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

During the tests a) to e) of 12.3.1, it is necessary to test the joint with outer protection fitted, unless it can be shown that this does not influence the performance of the joint insulation or screen (this influence may be a thermo-mechanical or compatibility effect).

NOTE – Tests on terminations referring to environmental conditions are not specified in this standard.

12.2 Test requirements

Accessories shall comply with the tests in 12.3 to 12.7 below. These tests shall be considered valid for both the cable and the accessories, provided that the requirements of 11.3 are fully met by the cable.

Where one joint is included in the test installation, the minimum length of free cable, between the joint and the bottom of each termination, shall be 5 m.

Where more than one joint is included, the same requirement shall be observed and, in addition, there shall be a minimum length of 3 m of free cable between successive joints.

12.3 Tests

12.3.1 Sequence of tests

Accessories shall be subjected to the following sequence of tests:

- a) partial discharge test at ambient temperature (see 12.4);
- b) heating cycle voltage test (see 12.5);
- c) partial discharge tests (see 12.4)
 - at ambient temperature, and
 - at high temperature.

The tests shall be carried out after the final cycle of b) above or, alternatively, after the impulse voltage test in d) below

- d) impulse voltage test followed by a power frequency voltage test (see 12.6);
- e) partial discharge tests, if not previously carried out in c) above;
- f) tests of outer protection for buried joints (see annex D).

Tests a) to e) shall be applied successively to each test loop. Test voltages shall be in accordance with the values given in the appropriate column of table 2.

Tests f) shall be applied to a joint which has passed test b), heating cycle voltage test, or to a separate joint which has passed at least three thermal cycles (see annex D).

NOTE – If the cable and joint are not to be subjected to wet conditions in service (i.e. not directly buried in earth or not intermittently or continuously immersed in water), the tests f) may be omitted.

12.3.2 Examination

Examination of the accessories shall be carried out after completion of the tests above (see 12.7).

12.4 Partial discharge tests

The tests shall be performed at ambient and at high temperature in accordance with IEC 60885-2, the sensitivity being 5 pC or better.

The test voltage shall be raised gradually 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 5 pC.

A chaud, l'essai doit être effectué sur le montage, l'âme du câble étant à une température comprise entre 5 °C et 10 °C au-dessus de la température maximale de l'âme en service normal. La même prescription que ci-dessus s'applique.

12.5 Essai de cycles de chauffage sous tension

Le montage est chauffé selon une méthode appropriée jusqu'à ce que l'âme du câble atteigne une température qui se maintienne entre 5 °C et 10 °C au-dessus de la température maximale de l'âme en service normal. Les dispositions concernant le chauffage doivent être choisies de façon telle que l'âme du câble atteigne la température spécifiée ci-dessus, en dehors des accessoires et, si cela est réalisable, également à l'intérieur des accessoires.

Le chauffage doit être appliqué pendant au moins 8 h. La température de l'âme doit être maintenue entre les limites de température indiquées pendant au moins 2 h au cours de chaque période de chauffage. On laisse ensuite l'échantillon refroidir naturellement pendant au moins 16 h.

Les cycles de chauffage et de refroidissement doivent être répétés 20 fois au total.

Pendant toute la période d'essai une tension de $2 U_0$ doit être appliquée au montage.

Le montage à chaud puis à température ambiante doit être soumis avec succès à l'essai de décharges partielles décrit en 12.4 à l'issue du dernier cycle ou, en variante, après l'essai aux ondes de choc décrit en 12.6.

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

L'essai doit être effectué sur le montage, l'âme du câble étant à une température comprise entre 5 °C et 10 °C au-dessus de la température maximale de l'âme en service normal.

La tension de choc doit être appliquée conformément au mode opératoire indiqué dans la CEI 60230.

Le montage doit résister sans perforation ou contournement à 10 chocs positifs et 10 chocs négatifs de tension appropriée indiquée au tableau 2.

Après l'essai aux ondes de choc, le montage doit être soumis à un essai de tension à fréquence industrielle à $2,5 U_0$ pendant 15 min. Au choix du fabricant, l'essai peut être effectué soit pendant la période de refroidissement soit à la température ambiante.

Il ne doit se produire ni perforation de l'isolant ni contournement.

Si cela n'a pas été effectué à la fin de l'essai de cycles de chauffage sous tension décrit en 12.5, le montage à chaud puis à température ambiante doit être soumis avec succès à un essai de décharges partielles conformément à 12.4.

12.7 Examen

L'examen en vision normale de l'accessoire démonté ne doit pas révéler de signes de dégradation électrique, pénétration d'humidité, écoulement, corrosion ou rétraction nuisible.

13 Essais électriques après pose

13.1 Enveloppe isolante

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

At high temperature the test shall be performed on the assembly at a cable conductor temperature 5 °C to 10 °C above the maximum cable conductor temperature in normal operation. The same requirement as above applies.

12.5 Heating cycle voltage test

The assembly shall be heated by a suitable method until the cable conductor reaches a steady temperature 5 °C to 10 °C above the maximum conductor temperature in normal operation. The heating arrangements shall be selected so that the cable conductor attains the temperature specified above, remote from the accessories and, as far as practicable, also within the accessories.

The heating shall be applied for at least 8 h. The conductor temperature shall be maintained within the stated temperature limits for at least 2 h of each heating period. This shall be followed by at least 16 h of natural cooling.

The cycle of heating and cooling shall be carried out 20 times.

During the whole of the test period a voltage of $2 U_0$ shall be applied to the assembly.

The assembly at high temperature and at ambient temperature shall be subjected to and shall comply with the requirements of the partial discharge test in accordance with 12.4 after the final cycle or, alternatively, after the impulse voltage test in 12.6.

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

The test shall be performed on the assembly with the cable conductor temperature 5 °C to 10 °C above the maximum conductor temperature in normal operation.

The impulse voltage shall be applied according to the procedure given in IEC 60230.

The assembly shall withstand without failure or flashover 10 positive and 10 negative voltage impulses of the appropriate value given in table 2.

After the impulse voltage test, the assembly shall be subjected to a power frequency voltage test at $2,5 U_0$ for 15 min. At the discretion of the manufacturer, this test may be carried out either during the cooling period or at ambient temperature.

No breakdown of the insulation or flashover shall occur.

If not previously carried out at the end of the heating cycle voltage test in 12.5, the assembly at high temperature and then at ambient temperature shall be subjected to and shall comply with the requirements of a partial discharge test in accordance with 12.4.

12.7 Examination

Examination of the dismantled accessory with unaided vision shall reveal no signs of electrical degradation, moisture ingress, leakage, corrosion or harmful shrinkage.

13 Electrical tests after installation

13.1 Insulation

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

13.1.1 Essai sous tension alternative

Selon accord entre l'acheteur et l'entrepreneur, on peut effectuer un essai sous tension alternative à fréquence industrielle, comme indiqué aux points a) ou b) ci-dessous:

- a) essai pendant 5 min à la tension entre phases du réseau, appliquée entre l'âme et l'écran ou la gaine métallique;
- b) essai pendant 24 h à la tension normale de service du réseau.

NOTE – D'autres méthodes d'essai sont à l'étude.

13.1.2 Essai sous tension continue

En variante de l'essai sous tension alternative, on peut effectuer un essai sous une tension continue égale à $3 U_0$ pendant 15 min.

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

13.2 Gaines non métalliques et revêtement de protection externe des jonctions

Si le contrat ou la commande l'exige, la gaine non métallique et la protection externe des jonctions doivent être soumises aux essais après pose, spécifiés à l'article 5 de la CEI 60229.

Tableau 1 – Mélanges isolants pour câbles

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

¹⁾ Pour le PE et le PEHD, 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 entre fabricant et acheteur.

Tableau 2 – Tensions d'essai

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tension assignée	Tension la plus élevée pour le matériel	Valeur de U_0 pour la détermination des tensions d'essai	Essai de tension selon 9.3	Essai de décharges partielles selon 9.2, 11.3.5 et 12.4	Mesures de $\tan \delta$ selon 11.3.6	Essai de cycles de chauffage sous tension, selon 11.3.7 et 12.5	Essai aux ondes de choc, selon 11.3.8 et 12.6	Essai de tension après chocs, selon 11.3.8 et 12.6
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

13.1.1 AC testing

By agreement between the purchaser and contractor, an a.c. voltage test at power frequency, in accordance with item *a)* or *b)* below, may be used:

- a) test for 5 min with the phase-to-phase voltage of the system applied between the conductor and the metallic screen/sheath;
- b) test for 24 h with the normal operating voltage of the system.

NOTE – Other test methods are under consideration.

13.1.2 DC testing

As an alternative to the a.c. test, a d.c. voltage equal to $3 U_0$ may 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.

13.2 Non-metallic sheaths and outer protective covering of joints

If required for the particular contract or order, the non-metallic sheath and outer protective covering of joints shall be subjected to the site test specified in clause 5 of IEC 60229.

Table 1 – Insulating compounds for cables

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

¹⁾ For PE and HDPE, short-circuit temperatures up to 20 °C in excess of those shown may be acceptable with suitable semi-conducting layers over the conductor and the insulation and by agreement between manufacturer and purchaser.

Table 2 – Test voltages

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rated voltage	Highest voltage for equipment	Value of U_0 for determination of test voltages	Voltage test of 9.3	Partial discharge test of 9.2, 11.3.5 and 12.4	Tan δ measurement of 11.3.6	Heating cycle voltage test of 11.3.7 and 12.5	Impulse voltage test of 11.3.8 and 12.6	Voltage test after impulse test of 11.3.8 and 12.6
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 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 3 – Prescriptions pour les essais électriques de type pour mélanges isolants pour câbles

0	Désignation du mélange isolant (voir 4.2)	PE	PEHD	EPR	PR
00	Température maximale de l'âme en service normal (°C)	70	80	90	90
1	Tan δ maximale 10^{-4}	10	10	50	10
2	<i>Essai de décharges partielles</i> Décharge maximale à $1,5 U_0$ (pC)	5	5	5	5
NOTE – Les câbles isolés par un mélange PR contenant des additifs spéciaux peuvent avoir une valeur maximale de tan δ de 50×10^{-4} à la température maximale de l'âme en service normal.					

Tableau 4 – Essais de type non électriques pour mélanges pour enveloppes isolantes et gaines de câbles

0	1	2	3	4	5	6	7	8
	Enveloppe isolante				Gaine non métallique			
Désignation du mélange (voir 4.2 et 4.3)	PE	PEHD	EPR	PR	ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇
<i>Vérification de la constitution</i> <i>Essai de pénétration d'eau¹⁾</i>	Applicables quels que soient les matériaux de l'enveloppe isolante et de la gaine							
<i>Propriétés mécaniques</i> (Résistance à la traction et allongement à la rupture)								
a) sans vieillissement	x	x	x	x	x	x	x	x
b) après vieillissement en étuve à air	x	x	x	x	x	x	x	x
c) après vieillissement dans la bombe à air			x	–	–	–	–	–
d) après vieillissement du câble complet (Essai de compatibilité)	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Essai de pression à température élevée</i>	–	–	–	–	x	x	–	x
<i>Comportement à basse température</i>								
a) Essai d'allongement à froid	–	–	–	–	x	x	–	–
b) Choc mécanique à froid	–	–	–	–	x	x	–	–
<i>Perte de masse en étuve à air</i>	–	–	–	–	–	x	–	–
<i>Essai de chocs thermiques</i>	–	–	–	–	x	x	–	–
<i>Essai de résistance à l'ozone</i>	–	–	x	–	–	–	–	–
<i>Essai d'allongement à chaud</i>	–	–	x	x	–	–	–	–
<i>Mesure de la masse volumique</i>	–	x	–	–	–	–	–	–
<i>Mesure du taux de noir de carbone²⁾</i>	–	–	–	–	–	–	x	x
<i>Essai de rétraction</i>	x	x	–	x	–	–	–	–
<i>Essai du câble soumis au feu³⁾</i>	–	–	–	–	x	x	–	–

NOTE – x indique que l'essai de type est à appliquer.

¹⁾ A appliquer aux technologies de câbles pour lesquelles le fabricant déclare avoir prévu des barrières empêchant les pénétrations longitudinales de l'eau.

²⁾ Seulement pour les gaines extérieures de couleur noire.

³⁾ N'est applicable que lorsque le fabricant désire la conformité pour le modèle du câble.

Table 3 – Electrical type test requirements for insulating compounds for cables

0	Designation of compound (see 4.2)	PE	HDPE	EPR	XLPE
00	Maximum conductor temperature in normal operation (°C)	70	80	90	90
1	Maximum $\tan \delta \cdot 10^{-4}$	10	10	50	10
2	<i>Partial discharge test</i> 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 $\tan \delta$ of 50×10^{-4} at maximum conductor temperature in normal operation.					

Table 4 – Non-electrical type tests for insulating and sheathing compounds for cables

0	1	2	3	4	5	6	7	8
	Insulation				Non-metallic sheath			
Designation of compound (see 4.2 and 4.3)	PE	HDPE	EPR	XLPE	ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇
Checks on construction Water penetration test ¹⁾	Applicable irrespective of insulation and sheathing materials							
Mechanical properties (Tensile strength and elongation at break)								
a) Without ageing	x	x	x	x	x	x	x	x
b) After ageing in air oven	x	x	x	x	x	x	x	x
c) After ageing in air bomb	—	—	x	—	—	—	—	—
d) After ageing of the complete cable (Compatibility test)	x	x	x	x	x	x	x	x
Pressure test at high temperature	—	—	—	—	x	x	—	x
Behaviour at low temperature								
a) Cold elongation test	—	—	—	—	x	x	—	—
b) Cold impact test	—	—	—	—	x	x	—	—
Loss of mass in air oven	—	—	—	—	—	x	—	—
Heat shock test	—	—	—	—	x	x	—	—
Ozone resistance test	—	—	x	—	—	—	—	—
Hot set test	—	—	x	x	—	—	—	—
Measurement of density	—	x	—	—	—	—	—	—
Carbon black content ²⁾	—	—	—	—	—	—	x	x
Shrinkage test	x	x	—	x	—	—	—	—
Test under fire conditions ³⁾	—	—	—	—	x	x	—	—

NOTE – x indicates that the type test is to be applied.

1) To be applied to those designs of cable where the manufacturer claims that barriers to longitudinal water penetration have been included.

2) For black oversheaths only.

3) Only required if the manufacturer wishes to claim compliance for the cable design.

Tableau 5 – Prescriptions d'essai pour les caractéristiques mécaniques des mélanges pour enveloppes isolantes de câbles (avant et après vieillissement)

0	1	2	3	4	5	6
	Désignation du mélange (voir 4.2)	Unités	PE	PEHD	PR	EPR
	Température maximale de l'âme en service normal	°C	70	80	90	90
1.0	<i>Sans vieillissement</i> (CEI 60811-1-1, paragraphe 9.1)					
1.1	Résistance minimale à la traction	N/mm ²	10,0	12,5	12,5	4,2
1.2	Allongement minimal à la rupture	%	300	350	200	200
2.0	<i>Après vieillissement en étuve à air</i> (CEI 60811-1-2, paragraphe 8.1)					
2.1	Traitement: température	°C	100	110	135	135
	tolérance	°C	±2	±2	±3	±3
	durée	jours	10	10	7	7
2.2	Résistance à la traction:					
	a) Valeur minimale après vieillissement	N/mm ²	–	–	–	–
	b) Variation ¹⁾ maximale	%	–	–	±25	±30
2.3	Allongement à la rupture:					
	a) Valeur minimale après vieillissement	%	300	350	–	–
	b) Variation ¹⁾ maximale	%	–	–	±25	±30
3.0	<i>Après vieillissement dans la bombe à air</i> <i>à (55 ± 2) N/cm²</i> (CEI 60811-1-2, paragraphe 8.2)					
3.1	Traitement: température	°C	–	–	–	127
	tolérance	°C	–	–	–	±1
	durée	h	–	–	–	40
	Variation ¹⁾ maximale de:					
3.2	Résistance à la traction	%	–	–	–	±30
3.3	Allongement à la rupture	%	–	–	–	±30

¹⁾ Variation: différence entre la valeur médiane obtenue après vieillissement et la valeur médiane obtenue sans vieillissement, exprimée en pourcentage de cette dernière.

Table 5 – Test requirements for mechanical characteristics of insulating compounds for cables (before and after ageing)

0	1	2	3	4	5	6
	Designation of compound (see 4.2)	Units	PE	HDPE	XLPE	EPR
	Maximum conductor temperature in normal operation	°C	70	80	90	90
1.0	<i>Without ageing</i> (IEC 60811-1-1, subclause 9.1)					
1.1	Minimum tensile strength	N/mm ²	10,0	12,5	12,5	4,2
1.2	Minimum elongation at break	%	300	350	200	200
2.0	<i>After ageing in air oven</i> (IEC 60811-1-2, subclause 8.1)					
2.1	Treatment: temperature	°C	100	110	135	135
	tolerance	°C	±2	±2	±3	±3
	duration	days	10	10	7	7
2.2	Tensile strength					
	a) Minimum value after ageing	N/mm ²	–	–	–	–
	b) Maximum variation ¹⁾	%	–	–	±25	±30
2.3	Elongation at break					
	a) Minimum value after ageing	%	300	350	–	–
	b) Maximum variation ¹⁾	%	–	–	±25	±30
3.0	<i>After ageing in air bomb at (55 ± 2) N/cm²</i> (IEC 60811-1-2, subclause 8.2)					
3.1	Treatment: temperature	°C	–	–	–	127
	tolerance	°C	–	–	–	±1
	duration	h	–	–	–	40
	Maximum variation ¹⁾ of:					
3.2	Tensile strength	%	–	–	–	±30
3.3	Elongation at break	%	–	–	–	±30

¹⁾ Variation: difference between the median value obtained after treatment and the median value obtained without treatment, expressed as a percentage of the latter.

Tableau 6 – Prescriptions d'essai pour les caractéristiques mécaniques des mélanges de gaine de câbles (avant et après vieillissement)

0	1	2	3	4	5	6
	Désignation du mélange (voir 4.3)	Unités	ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇
1.0	<i>Sans vieillissement</i> (CEI 60811-1-1, paragraphe 9.2)					
1.1	Résistance minimale à la traction	N/mm ²	12,5	12,5	10,0	12,5
1.2	Allongement minimal à la rupture	%	150	150	300	300
2.0	<i>Après vieillissement en étuve à air</i> (CEI 60811-1-2, paragraphe 8.1)					
2.1	Traitement: température	°C	100	100	100	110
	tolérance	°C	±2	±2	±2	±2
	durée	jours	7	7	10	10
2.2	Résistance à la traction:					
	a) Valeur minimale après vieillissement	N/mm ²	12,5	12,5	–	–
	b) Variation ¹⁾ maximale	%	±25	±25	–	–
2.3	Allongement à la rupture					
	a) Valeur minimale après vieillissement	%	150	150	300	300
	b) Variation ¹⁾ maximale	%	±25	±25	–	–
3.0	<i>Essai de pression à température élevée</i> (CEI 60811-3-1, paragraphe 8.2)					
3.1	Température d'essai	°C	80	90	–	110
	Tolérance	°C	±2	±2	–	±2

¹⁾ Variation: différence entre la valeur médiane obtenue après vieillissement et la valeur médiane obtenue sans vieillissement, exprimée en pourcentage de cette dernière.

Table 6 – Test requirements for mechanical characteristics of sheathing compounds for cables (before and after ageing)

0	1	2	3	4	5	6
	Designation of compound (see 4.3)	Units	ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇
1.0	<i>Without ageing</i> (IEC 60811-1-1, subclause 9.2)					
1.1	Minimum tensile strength	N/mm ²	12,5	12,5	10,0	12,5
1.2	Minimum elongation at break	%	150	150	300	300
2.0	<i>After ageing in air oven</i> (IEC 60811-1-2, subclause 8.1)					
2.1	Treatment: temperature	°C	100	100	100	110
	tolerance	°C	±2	±2	±2	±2
	duration	days	7	7	10	10
2.2	Tensile strength:					
	a) Minimum value after ageing	N/mm ²	12,5	12,5	–	–
	b) Maximum variation ¹⁾	%	±25	±25	–	–
2.3	Elongation at break:					
	a) Minimum value after ageing	%	150	150	300	300
	b) Maximum variation ¹⁾	%	±25	±25	–	–
3.0	<i>Pressure test at high temperature</i> (IEC 60811-3-1, subclause 8.2)					
3.1	Test temperature	°C	80	90	–	110
	Tolerance	°C	±2	±2	–	±2

¹⁾ Variation: difference between the median value obtained after treatment and the median value obtained without treatment, expressed as a percentage of the latter.

Tableau 7 – Prescriptions d'essai pour les caractéristiques particulières des mélanges pour enveloppes isolantes de câbles

0	1	2	3	4	5	6
	Désignation du mélange isolant (voir 4.2)	Unités	PE	PEHD	PR	EPR
1.0	<i>Essai de résistance à l'ozone</i> (CEI 60811-2-1, article 8)					
1.1	Concentration en ozone (en volume)	%	–	–	–	0,025 à 0,030
1.2	Durée d'essai sans craquelure	h	–	–	–	24
2.0	<i>Essai d'allongement à chaud</i> (CEI 60811-2-1, article 9)					
2.1	Traitement: température de l'air	°C	–	–	200	250
	tolérance	°C	–	–	±3	±3
	temps sous charge	min	–	–	15	15
	contrainte mécanique	N/cm ²	–	–	20	20
2.2	Allongement maximal sous charge	%	–	–	175	175
2.3	Allongement permanent maximal après refroidissement	%	–	–	15	15
3.0	<i>Essai de rétraction</i> (CEI 60811-1-3, article 10)					
	Distance <i>L</i> entre repères	mm	200	200	200	–
3.1	Température	°C	100	115	130	–
	Tolérance	°C	±2	±2	±3	–
3.2	Durée	h	6	6	6	–
3.3	Rétraction maximale admise	%	4	4	4	–
4.0	<i>Masse volumique</i> (CEI 60811-1-3, article 8)					
	Masse volumique minimale	g/cm ³	–	0,94	–	–

Tableau 8 – Prescriptions d'essai pour les caractéristiques particulières des mélanges à base de polyéthylène thermoplastique pour gaines de câbles

0	1	2	3	4
	Désignation du mélange (voir 4.3)	Unités	ST ₃	ST ₇
1	<i>Mesure du taux de noir de carbone</i> (uniquement pour gaines de couleur noire) (CEI 60811-4-1, article 11)			
	Valeur nominale	%	2,5	2,5
	Tolérance	%	±0,5	±0,5

Table 7 – Test requirements for particular characteristics of insulating compounds for cables

0	1	2	3	4	5	6
	Designation of compound (see 4.2)	Units	PE	HDPE	XLPE	EPR
1.0	<i>Ozone resistance test</i> (IEC 60811-2-1, clause 8)					
1.1	Ozone concentration (by volume)	%	–	–	–	0,025 to 0,030
1.2	Test duration without cracks	h	–	–	–	24
2.0	<i>Hot set test</i> (IEC 60811-2-1, clause 9)					
2.1	Treatment: air temperature	°C	–	–	200	250
	tolerance	°C	–	–	±3	±3
	time under load	min	–	–	15	15
	mechanical stress	N/cm ²	–	–	20	20
2.2	Maximum elongation under load	%	–	–	175	175
2.3	Maximum permanent elongation after cooling	%	–	–	15	15
3.0	<i>Shrinkage test</i> (IEC 60811-1-3, clause 10)					
	Distance <i>L</i> between marks	mm	200	200	200	–
3.1	Temperature	°C	100	115	130	–
	Tolerance	°C	±2	±2	±3	–
3.2	Duration	h	6	6	6	–
3.3	Maximum permissible shrinkage	%	4	4	4	–
4.0	<i>Density</i> (IEC 60811-1-3, clause 8)					
	Minimum density	g/cm ³	–	0,94	–	–

Table 8 – Test requirements for particular characteristics of thermoplastic polyethylene sheathing compounds for cables

0	1	2	3	4
	Designation of compound (see 4.3)	Units	ST ₃	ST ₇
1	<i>Carbon black content</i> (for black oversheaths only) (IEC 60811-4-1, clause 11)			
	Nominal value	%	2,5	2,5
	Tolerance	%	±0,5	±0,5

Tableau 9 – Prescriptions d'essai pour les caractéristiques particulières des mélanges à base de PVC pour gaines de câbles

0	1	2	3	4
	Désignation du mélange (voir 4.3)	Unités	ST ₁	ST ₂
1.0	<i>Perte de masse en étuve à air</i> (CEI 60811-3-2, paragraphe 8.2)			
1.1	Traitement: température	°C	–	100
	tolérance	°C	–	±2
	durée	jours	–	7
1.2	Perte de masse maximale admise	mg/cm ²	–	1,5
2.0	<i>Comportement à basse température</i> ¹⁾ (CEI 60811-1-4, article 8)			
	Essais effectués sans vieillissement préalable:			
2.1	Allongement à froid sur éprouvettes haltères			
	Température d'essai	°C	–15	–15
	Tolérance	°C	±2	±2
2.2	Chocs mécaniques à froid			
	Température d'essai	°C	–15	–15
	Tolérance	°C	±2	±2
3.0	<i>Essai de chocs thermiques</i> (CEI 60811-3-1, paragraphe 9.2)			
3.1	Température d'essai	°C	150	150
	Tolérance	°C	±3	±3
3.2	Durée de l'essai	h	1	1
¹⁾ Les conditions climatiques peuvent nécessiter l'emploi, dans les normes nationales, d'une température d'essai plus basse.				

**Table 9 – Test requirements for particular characteristics
of PVC sheathing compounds for cables**

0	1	2	3	4
	Designation of compound (see 4.3)	Units	ST ₁	ST ₂
1.0	<i>Loss of mass in air oven</i> (IEC 60811-3-2, subclause 8.2)			
1.1	Treatment: temperature	°C	–	100
	tolerance	°C	–	±2
	duration	days	–	7
1.2	Maximum permissible loss of mass	mg/cm ²	–	1,5
2.0	<i>Behaviour at low temperature</i> ¹⁾ (IEC 60811-1-4, clause 8)			
	Tests to be carried out without previous ageing			
2.1	Cold elongation test on dumb bells			
	Test temperature	°C	–15	–15
	Tolerance	°C	±2	±2
2.2	Cold impact test			
	Test temperature	°C	–15	–15
	Tolerance	°C	±2	±2
3.0	<i>Heat shock test</i> (IEC 60811-3-1, subclause 9.2)			
3.1	Test temperature	°C	150	150
	Tolerance	°C	±3	±3
3.2	Test duration	h	1	1
¹⁾ Due to climatic conditions, national standards may require the use of a lower test temperature.				

Annexe A (normative)

Arrondissement des nombres

Quand il est nécessaire d'arrondir une valeur à un nombre spécifié de décimales, par exemple dans le calcul d'une valeur moyenne à partir de plusieurs mesures ou d'une valeur minimale en appliquant une tolérance en pourcentage sur une valeur nominale donnée, la procédure à suivre est la suivante.

Lorsque le dernier chiffre décimal à retenir est suivi, avant arrondissement, de 0, 1, 2, 3 ou 4, il demeure inchangé (arrondissement inférieur).

Lorsque le dernier chiffre décimal à retenir est suivi, avant arrondissement, de 9, 8, 7, 6 ou 5, il doit être augmenté de un (arrondissement supérieur).

Exemples

2,449	≈	2,45	arrondi à deux décimales
2,449	≈	2,4	arrondi à une décimale
2,453	≈	2,45	arrondi à deux décimales
2,453	≈	2,5	arrondi à une décimale
25,0478	≈	25,048	arrondi à trois décimales
25,0478	≈	25,05	arrondi à deux décimales
25,0478	≈	25,0	arrondi à une décimale

Annex A (normative)

Rounding of numbers

When values are to be rounded to a specified number of decimal places, for example in calculating an average value from several measurements or in deriving a minimum value by applying a percentage tolerance to a given nominal value, the procedure shall be as follows.

If the figure in the last place to be retained is followed, before rounding, by 0, 1, 2, 3 or 4, it shall remain unchanged (rounding down).

If the figure in the last place to be retained is followed, before rounding, by 9, 8, 7, 6 or 5, it shall be increased by one (rounding up).

Examples:

2,449	≈	2,45	rounded to two decimal places
2,449	≈	2,4	rounded to one decimal place
2,453	≈	2,45	rounded to two decimal places
2,453	≈	2,5	rounded to one decimal place
25,0478	≈	25,048	rounded to three decimal places
25,0478	≈	25,05	rounded to two decimal places
25,0478	≈	25,0	rounded to one decimal place

Annexe B (normative)

Méthode de mesure de la résistivité des écrans semi-conducteurs

Chaque éprouvette doit être prélevée sur un échantillon de câble complet de 150 mm.

Pour l'écran sur âme, l'éprouvette doit être préparée en coupant le conducteur isolé en deux dans le sens de la longueur et en retirant l'âme et le séparateur éventuel (voir figure B.1a). Pour l'écran sur enveloppe isolante, l'éprouvette doit être préparée en retirant tous les revêtements sur l'échantillon de conducteur (voir figure B.1b).

La résistivité volumique des écrans est déterminée selon la méthode exposée ci-dessous.

Quatre électrodes réalisées à l'aide de peinture argentée A, B, C et D (voir figures B.1a et B.1b) doivent être appliquées sur les surfaces semi-conductrices. Les deux électrodes de tension, B et C, doivent être placées à 50 mm l'une de l'autre et les deux électrodes de courant, A et D, à une distance d'au moins 25 mm au-delà des électrodes de tension.

Les connexions doivent être réalisées sur les électrodes au moyen de colliers appropriés. En effectuant le raccordement aux électrodes de l'écran sur âme, on doit s'assurer qu'à la surface externe de l'échantillon, les colliers sont bien isolés de l'écran sur enveloppe isolante.

L'ensemble doit être placé dans une étuve préchauffée à la température spécifiée. Après une durée d'au moins 30 min, la résistance entre les électrodes doit être mesurée au moyen d'un circuit dont la puissance ne doit pas dépasser 100 mW.

Après les mesures électriques, on mesure, à température ambiante, les diamètres sur l'écran sur âme et sur enveloppe isolante, ainsi que les épaisseurs des écrans sur âme et sur enveloppe isolante, chaque valeur retenue étant la moyenne de six mesures effectuées sur l'éprouvette représentée figure B.1b.

La résistivité volumique ρ en ohm · mètres est ensuite calculée de la manière suivante:

Ecran sur âme

$$\rho_c = \frac{R_c \times \pi \times (D_c - T_c) \times T_c}{2 L_c}$$

où

ρ_c est la résistivité volumique, en ohm · mètres

R_c est la résistance mesurée, en ohms

L_c est la distance entre les électrodes de tension, en mètres

D_c est le diamètre sur l'écran sur âme, en mètres

T_c est l'épaisseur moyenne de l'écran, en mètres

Ecran sur enveloppe isolante

$$\rho_i = \frac{R_i \times \pi \times (D_i - T_i) \times T_i}{L_i}$$

où

ρ_i est la résistivité volumique, en ohm · mètres

R_i est la résistance mesurée, en ohms

L_i est la distance entre les électrodes de tension, en mètres

D_i est le diamètre extérieur sur l'écran sur enveloppe isolante, en mètres

T_i est l'épaisseur moyenne de l'écran sur enveloppe isolante, en mètres

Annex B (normative)

Method of measuring resistivity of semi-conducting screens

Each test piece shall be prepared from a 150 mm sample of completed cable.

The conductor screen test piece shall be prepared by cutting a sample of core in half longitudinally and removing the conductor and separator, if any (see figure B.1a). The insulation screen test piece shall be prepared by removing all the coverings from a sample of core (see figure B.1b).

The procedure for determining the volume resistivity of the screens shall be as follows.

Four silver-painted electrodes A, B, C and D (see figures B.1a and B.1b) shall be applied to the semi-conducting surfaces. The two potential electrodes, B and C, shall be 50 mm apart and the two current electrodes, A and D, shall be each placed at least 25 mm beyond the potential electrodes.

Connections shall be made to the electrodes by means of suitable clips. In making connections to the conductor screen electrodes, it shall be ensured that the clips are insulated from the insulation screen on the outer surface of the test sample.

The assembly shall be placed in an oven preheated to the specified temperature and, after an interval of at least 30 min, the resistance between the electrodes shall be measured by means of a circuit, the power of which shall not exceed 100 mW.

After the electrical measurements, the diameters over the conductor screen and insulation and the thickness of the conductor screen and insulation screen shall be measured at ambient temperature, each being the average of six measurements made on the sample shown in figure B.1b.

The volume resistivity ρ in ohm · metres shall be calculated as follows:

Conductor screen

$$\rho_c = \frac{R_c \times \pi \times (D_c - T_c) \times T_c}{2 L_c}$$

where

ρ_c is the volume resistivity, in ohm · metres

R_c is the measured resistance, in ohms

L_c is the distance between potential electrodes, in metres

D_c is the diameter over the conductor screen, in metres

T_c is the average thickness of conductor screen, in metres

Insulation screen

$$\rho_i = \frac{R_i \times \pi \times (D_i - T_i) \times T_i}{L_i}$$

where

ρ_i is the volume resistivity, in ohm · metres

R_i is the measured resistance, in ohms

L_i is the distance between potential electrodes, in metres

D_i is the outer diameter over the insulation screen, in metres

T_i is the average thickness of insulation screen, in metres

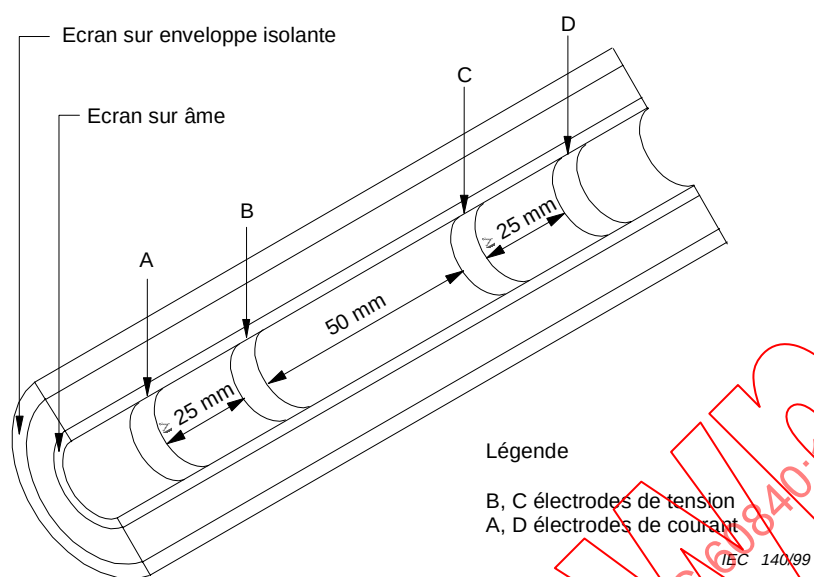


Figure B.1a – Mesure de la résistivité volumique de l'écran sur âme

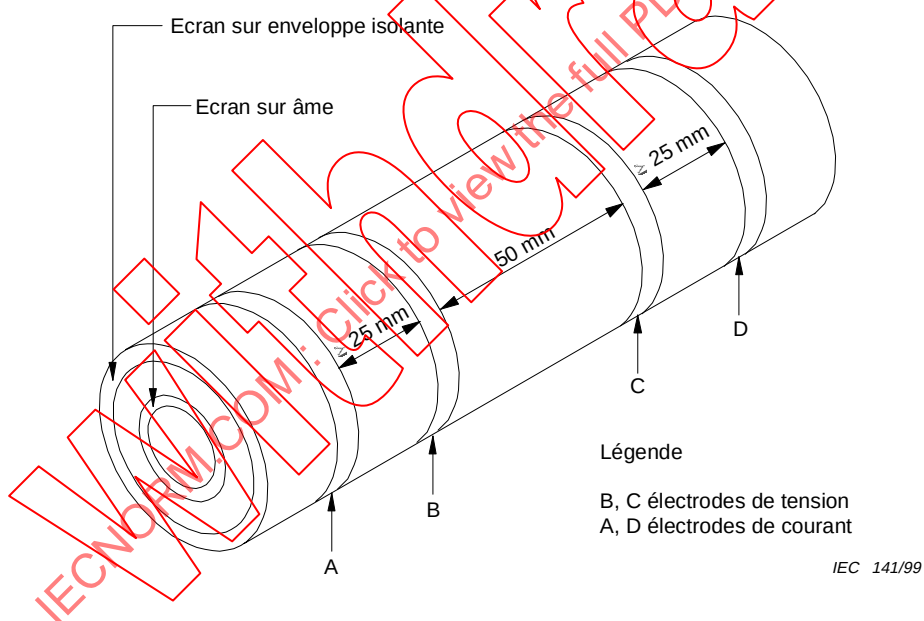


Figure B.1b – Mesure de la résistivité volumique de l'écran sur enveloppe isolante

Figure B.1 – Préparation des échantillons pour la mesure de la résistivité des écrans sur âme et sur enveloppe isolante