

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

60502-2

Première édition
First edition
1997-04

**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)**

**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)**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60502-2: 1997

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

IEC publications prepared by the same technical committee

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60502-2

Première édition
First edition
1997-04

**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)**

**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)**

© IEC 1997 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

XA

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 Désignation des tensions et des matériaux	10
5 Ames conductrices	14
6 Enveloppe isolante	14
7 Ecrans	18
8 Assemblage des câbles tripolaires, revêtements internes et bourrages	20
9 Revêtements métalliques des câbles unipolaires et tripolaires	22
10 Ecran métallique	22
11 Ame concentrique	24
12 Gaine métallique	24
13 Armure métallique	26
14 Gaine extérieure	32
15 Conditions d'essais	34
16 Essais individuels	34
17 Essais sur prélèvements	38
18 Essais de type électriques	44
19 Essais de type non électriques	54
20 Essais électriques après pose	66
Annexes	
A Méthode du calcul fictif pour déterminer les dimensions des revêtements de protection	84
B Arrondissement des nombres	94
C Méthode de mesure de la résistivité des écrans semi-conducteurs	96
D Essai de pénétration d'eau	100
E Détermination de la dureté des enveloppes isolantes en HEPR	104

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Definitions	9
4 Voltage designations and materials	11
5 Conductors	15
6 Insulation	15
7 Screening	19
8 Assembly of three-core cables, inner coverings and fillers	21
9 Metallic layers for single-core and three-core cables	23
10 Metallic screen	23
11 Concentric conductor	25
12 Metallic sheath	25
13 Metallic armour	27
14 Oversheath	33
15 Test conditions	35
16 Routine tests	35
17 Sample tests	39
18 Type tests, electrical	45
19 Type tests, non-electrical	55
20 Electrical tests after installation	67
Annexes	
A Fictitious calculation method for determination of dimensions of protective coverings	85
B Rounding of numbers	95
C Method of measuring resistivity of semi-conducting screens	97
D Water penetration test	101
E Determination of hardness of HEPR insulations	105

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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)

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 60502-2 a été établie par le sous-comité 20A: Câbles de haute tension, du comité d'études 20 de la CEI: Câbles électriques.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
20A/319/FDIS	20A/348/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.

La CEI 60502 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général: 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 1: Câbles de tensions assignées de 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) et 3 kV ($U_m = 3,6$ kV);
- Partie 2: Câbles de tensions assignées de 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) à 30 kV ($U_m = 36$ kV);
- Partie 3: Réservée;
- Partie 4: Prescriptions d'essai pour les accessoires de câbles de tensions assignées de 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) à 30 kV ($U_m = 36$ kV).

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

Le contenu du corrigendum de février 1999 a été pris en considération dans cet exemplaire.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**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)**

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 60502-2 has been prepared by subcommittee 20A: High-voltage cables, of IEC technical committee 20: Electric cables.

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

FDIS	Report on voting
20A/319/FDIS	20A/348/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.

IEC 60502 consists of the following parts, under the general title: 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 1: Cables for rated voltages of 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) and 3 kV ($U_m = 3,6$ kV);
- Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV);
- Part 3: Reserved;
- Part 4: Test requirements on accessories for cables with rated voltages from 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV).

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

The contents of the corrigendum of February 1999 have been included in this copy.

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)

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60502 spécifie la constitution, les dimensions et les prescriptions d'essais des câbles d'énergie à isolation extrudée par diélectriques massifs, de tensions assignées de 6 kV à 30 kV, pour installations fixes telles que les réseaux de distribution ou les installations industrielles.

Les câbles destinés à des conditions particulières d'installations et de service ne sont pas inclus, par exemple, les câbles pour réseaux aériens, pour l'industrie minière, les centrales nucléaires (à l'intérieur et à l'extérieur de l'enceinte de confinement), les câbles sous-marins ou les câbles de bord des navires.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60502. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60502 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60038: 1983, *Tensions normales de la CEI*

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 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 60502-1: 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 1: Câbles de tensions assignées de 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) et 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)¹⁾*

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 – Partie 1: Méthodes d'application générale – Section 2: Méthodes de vieillissement thermique*

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

¹⁾ A publier.

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)

1 Scope

This part of IEC 60502 specifies the construction, dimensions and test requirements of power cables with extruded solid insulation from 6 kV up to 30 kV for fixed installations such as distribution networks or industrial installations.

Cables for special installation and service conditions are not included, for example cables for overhead networks, the mining industry, nuclear power plants (in and around the containment area), submarine use or shipboard application.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60502. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 60502 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60038: 1983, *IEC standard voltages*

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 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 60502-1: 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 1: Cables for rated voltages of 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) and 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)¹⁾*

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 2: Thermal ageing methods*

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

¹⁾ To be published.

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

CEI 60811-2-1: 1986, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Partie 2: Méthodes spécifiques pour les mélanges élastomères – Section 1: Essais de résistance à l'ozone – Essai d'allongement à chaud – Essai de résistance à l'huile*

CEI 60811-3-1: 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 1: 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 2: 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 1: 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 – Partie 2: Essais de décharges partielles*

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

CEI 60986: 1989, *Guide aux limites de température de court-circuit des câbles électriques de tension assignée de 1,8/3 (3,6) kV à 18/30 (36) kV*

ISO 48: 1994, *Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique – Détermination de la dureté (dureté comprise entre 10 DIDC et 100 DIDC)*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60502, 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. Régulièrement, dans cette norme, les valeurs nominales correspondent à des valeurs qui sont vérifiées par des mesures, compte tenu des tolérances spécifiées.

3.1.2 valeur approximative: Valeur qui n'est ni garantie ni vérifiée; elle est utilisée, par exemple, pour le calcul d'autres dimensions.

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

3.1.4 valeur fictive: Valeur calculée suivant la «méthode du calcul fictif» définie à l'annexe A.

3.2 Définitions relatives aux essais

3.2.1 essais individuels: Essais effectués par le fabricant sur chacune des longueurs de câble produit 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 4: Tests at low temperature*

IEC 60811-2-1: 1986, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 2: Methods specific to elastomeric compounds – Section 1: Ozone resistance test – Hot set test – Mineral oil immersion test*

IEC 60811-3-1: 1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 3: Methods specific to PVC compounds – Section 1: 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 2: 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 1: 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 measurements on lengths of extruded power cables*

IEC 60986: 1989, *Guide to the short-circuit temperature limits of electric cables with a rated voltage from 1,8/3 (3,6) kV to 18/30 (36) kV*

ISO 48: 1994, *Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of hardness (hardness between 10 IRHD and 100 IRHD)*

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 60502, 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. Usually, in this standard, nominal values give rise to values to be checked by measurements taking into account specified tolerances.

3.1.2 **approximate value:** Value which is neither guaranteed nor checked; it is used, for example, for the calculation of other dimensional values.

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

3.1.4 **fictitious value:** Value calculated according to the "fictitious method" described in annex A.

3.2 Definitions concerning the tests

3.2.1 **routine tests:** Tests made by the manufacturer on each manufactured length of cable to check that each length meets the specified requirements.

3.2.2 essais sur prélèvements: 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 concerné par cette norme, afin de démontrer que ses caractéristiques répondent aux applications prévues. Ces essais sont de telle nature qu'après avoir été effectués, il n'est pas nécessaire de les répéter, à moins que des modifications n'aient été introduites dans les matériaux, dans la conception du câble ou dans le 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 Désignation des tensions et des matériaux

4.1 Tensions assignées

Les tensions assignées U_0/U (U_m) des câbles concernés par cette norme sont les suivantes:

U_0/U (U_m) = 3,6/6 (7,2) - 6/10 (12) - 8,7/15 (17,5) - 12/20 (24) - 18/30 (36) kV.

NOTE 1 – Les tensions indiquées ci-dessus constituent les désignations correctes, bien que d'autres désignations soient utilisées dans certains pays, par exemple 3,5/6 - 5,8/10 - 11,5/20 - 17,3/30 kV.

Dans la désignation des tensions des câbles U_0/U (U_m):

- U_0 est la tension assignée à fréquence industrielle entre chacun des conducteurs et la terre, ou l'écran métallique, pour laquelle le câble est conçu;
- U est la tension assignée à fréquence industrielle entre conducteurs, pour laquelle le câble est conçu;
- U_m est la valeur maximale de la «tension la plus élevée du réseau» pour laquelle le matériel peut être utilisé (voir CEI 60038).

Pour une application donnée, la tension assignée d'un câble doit être adaptée aux conditions d'exploitation du réseau dans lequel il est utilisé. Pour faciliter le choix du câble, les réseaux sont divisés en trois catégories:

- catégorie A: cette catégorie comprend les réseaux dans lesquels tout conducteur de phase qui entre en contact avec la terre ou avec un conducteur de terre est déconnecté du réseau en moins de 1 min;
- catégorie B: cette catégorie comprend les réseaux qui, en régime de défaut, continuent à être exploités pendant un temps limité avec une phase à la terre. Selon la CEI 60183, il convient que cette durée ne dépasse pas 1 h. Pour les câbles concernés par cette norme, une durée plus longue peut être tolérée, ne dépassant cependant 8 h en aucun cas. Il convient que la durée cumulée des défauts à la terre sur une année quelconque ne dépasse pas 125 h;
- catégorie C: cette catégorie comprend tous les réseaux qui n'entrent pas dans l'une des catégories A ou B.

NOTE 2 – Il convient d'avoir à l'esprit que, dans un réseau où un défaut à la terre n'est pas éliminé automatiquement et rapidement, les contraintes supplémentaires supportées par l'isolation des câbles pendant la durée du défaut réduisent la vie de ceux-ci dans une certaine proportion. S'il est prévu que le réseau fonctionne assez souvent avec un défaut permanent à la terre, il peut être prudent de classer le réseau dans la catégorie C.

Les valeurs recommandées de U_0 pour les câbles utilisés dans les réseaux triphasés sont indiquées au tableau 1.

3.2.2 sample tests: 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 covered by this standard, in order to demonstrate satisfactory performance characteristics to meet the intended application. These tests are of such a nature that, after they have been made, they need not be repeated, unless changes are made in the cable 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

The rated voltages $U_0/U(U_m)$ of the cables considered in this standard are as follows:

$$U_0/U(U_m) = 3,6/6 (7,2) - 6/10 (12) - 8,7/15 (17,5) - 12/20 (24) - 18/30 (36) \text{ kV.}$$

NOTE 1 – The voltages given above are the correct designations although in some countries other designations are used e.g. 3,5/6 - 5,8/10 - 11,5/20 - 17,3/30 kV.

In the voltage designation of cables $U_0/U(U_m)$:

U_0 is the rated power frequency voltage between conductor and earth or metallic screen for which the cable is designed;

U is the rated power frequency voltage between conductors for which the cable is designed;

U_m is the maximum value of the "highest system voltage" for which the equipment may be used (see IEC 60038).

The rated voltage of the cable for a given application shall be suitable for the operating conditions in the system in which the cable is used. To facilitate the selection of the cable, systems are divided into three categories:

- category A: this category comprises those systems in which any phase conductor that comes in contact with earth or an earth conductor, is disconnected from the system within 1 min;
- category B: this category comprises those systems which, under fault conditions, are operated for a short time with one phase earthed. This period, according to IEC 60183, should not exceed 1 h. For cables covered by this standard, a longer period, not exceeding 8 h on any occasion, can be tolerated. The total duration of earth faults in any year should not exceed 125 h;
- category C: this category comprises all systems which do not fall into category A or B.

NOTE 2 – It should be realized that in a system where an earth fault is not automatically and promptly isolated, the extra stresses on the insulation of cables during the earth fault reduce the life of the cables to a certain degree. If the system is expected to be operated fairly often with a permanent earth fault, it may be advisable to classify the system in category C.

The values of U_0 recommended for cables to be used in three-phase systems are listed in table 1.

Tableau 1 – Tensions assignées recommandées U_0

Tension la plus élevée du réseau (U_m) kV	Tension assignée (U_0) kV	
	Catégories A et B	Catégorie C
7,2	3,6	6,0
12,0	6,0	8,7
17,5	8,7	12,0
24,0	12,0	18,0
36,0	18,0	–

4.2 Mélanges isolants

Les types de mélanges isolants concernés par cette norme sont énumérés dans le tableau 2, ainsi que leurs désignations abrégées.

Tableau 2 – Mélanges isolants

Mélange isolant	Désignation abrégée
a) <i>Thermoplastique</i> : polychlorure de vinyle pour les câbles de tension assignée $U_0/U = 3,6/6$ kV	PVC/B*
b) <i>Réticulé</i> : caoutchouc d'éthylène-propylène ou matériau similaire (EPM ou EPDM) caoutchouc d'éthylène-propylène dur ou à module élevé polyéthylène réticulé	EPR HEPR PR
* Le mélange isolant à base de polychlorure de vinyle destiné aux câbles de tension assignée $U_0/U \leq 1,8/3$ kV est désigné PVC/A dans la CEI 60502-1.	

Pour les différents types de mélanges isolants concernés par cette norme, les températures maximales de l'âme sont données dans le tableau 3.

Tableau 3 – Températures maximales de l'âme pour les différents types de mélanges isolants

Mélange isolant	Température maximale de l'âme °C	
	Service normal	Court-circuit (durée maximale 5 s)
Polychlorure de vinyle (PVC/B) Section d'âme ≤ 300 mm ² Section d'âme > 300 mm ²	70 70	160 140
Polyéthylène réticulé (PR)	90	250
Caoutchouc d'éthylène-propylène (EPR et HEPR)	90	250

Table 1 – Recommended rated voltages U_0

Highest system voltage (U_m) kV	Rated voltage (U_0) kV	
	Categories A and B	Categorie C
7,2	3,6	6,0
12,0	6,0	8,7
17,5	8,7	12,0
24,0	12,0	18,0
36,0	18,0	–

4.2 Insulating compounds

The types of insulating compound covered by this standard are listed in table 2, together with their abbreviated designations.

Table 2 – Insulating compounds

Insulating compound	Abbreviated designation
a) <i>Thermoplastic</i> polyvinyl chloride intended for cables with rated voltages $U_0/U = 3,6/6$ kV	PVC/B*
b) <i>Thermosetting</i> : ethylene propylene rubber or similar (EPM or EPDM) high modulus or hard grade ethylene propylene rubber cross-linked polyethylene	EPR HEPR XLPE
* Insulating compound based on polyvinyl chloride intended for cables with rated voltages $U_0/U \leq 1,8/3$ kV is designated PVC/A in IEC 60502-1.	

The maximum conductor temperatures for different types of insulating compound covered by this standard are given in table 3.

Table 3 – Maximum conductor temperatures for different types of insulating compound

Insulating compound	Maximum conductor temperature °C	
	Normal operation	Short-circuit (5 s maximum duration)
Polyvinyl chloride (PVC/B) Conductor cross-section ≤ 300 mm ² Conductor cross-section > 300 mm ²	70 70	160 140
Cross-linked polyethylene (XLPE)	90	250
Ethylene propylene rubber (EPR and HEPR)	90	250

Les températures indiquées dans le tableau 3 sont basées sur les propriétés intrinsèques des matériaux isolants. Il est important de prendre en compte d'autres facteurs lorsque ces valeurs sont utilisées pour le calcul d'intensités admissibles.

Par exemple, en service normal, si un câble enterré directement dans le sol est exploité en régime permanent (facteur de charge de 100 %) à la température maximale de l'âme conductrice indiquée dans le tableau, la résistivité thermique du sol environnant peut, à la longue, dépasser sa valeur initiale par l'effet du dessèchement qui en résulte. La température de l'âme risque alors de dépasser largement la valeur maximale. Si de telles conditions de service sont envisagées, des précautions appropriées doivent être prises.

Pour des indications sur les températures de court-circuit, il convient de se référer à la CEI 60986.

4.3 Mélanges pour gaine

Pour les différents types de mélanges pour gaine concernés par cette norme, les températures maximales de l'âme sont données dans le tableau 4.

Tableau 4 – Températures maximales de l'âme pour les différents types de mélanges pour gaine

Mélange pour gaine	Désignation abrégée	Température maximale de l'âme en service normal °C
a) <i>Thermoplastique:</i>		
polychlorure de vinyle (PVC)	ST ₁	80
	ST ₂	90
polyéthylène	ST ₃	80
	ST ₇	90
b) <i>Elastomère:</i>		
polychloroprène, polyéthylène chlorosulfoné ou polymères similaires	SE ₁	85

5 Ames conductrices

Les âmes doivent être soit de classe 1 soit de classe 2 en cuivre recuit, nu ou revêtu d'une couche métallique, ou en aluminium nu ou en alliage d'aluminium conformément à la CEI 60228. Pour les âmes de classe 2, des dispositions peuvent être prises pour rendre celles-ci étanches longitudinalement.

6 Enveloppe isolante

6.1 Matériau

L'enveloppe isolante doit être constituée d'un diélectrique massif extrudé, de l'un des types énumérés dans le tableau 2.

6.2 Épaisseur de l'enveloppe isolante

Les épaisseurs nominales de l'enveloppe isolante sont spécifiées dans les tableaux 5 à 7.

The temperatures in table 3 are based on the intrinsic properties of the insulating materials. It is important to take into account other factors when using these values for the calculation of current ratings

For example, in normal operation, if a cable directly buried in the ground is operated under continuous load (100 % load factor) at the maximum conductor temperature shown in the table, the thermal resistivity of the soil surrounding the cable may, in the course of time, increase from its original value as a result of drying-out processes. As a consequence, the conductor temperature may greatly exceed the maximum value. If such operating conditions are foreseen, adequate provisions shall be made.

For guidance on the short-circuit temperatures, reference should be made to IEC 60986.

4.3 Sheathing compounds

The maximum conductor temperatures for the different types of sheathing compound covered by this standard are given in table 4.

Table 4 – Maximum conductor temperatures for different types of sheathing compound

Sheathing compound	Abbreviated designation	Maximum conductor temperature in normal operation °C
a) <i>Thermoplastic:</i>		
polyvinyl chloride (PVC)	ST ₁	80
	ST ₂	90
polyethylene	ST ₃	80
	ST ₇	90
b) <i>Elastomeric:</i>		
polychloroprene, chlorosulfonated polyethylene or similar polymers	SE ₁	85

5 Conductors

The conductors shall be either of class 1 or class 2 of plain or metal-coated annealed copper or of plain aluminium or aluminium alloy in accordance with IEC 60228. For class 2 conductors measures may be taken to achieve longitudinal watertightness.

6 Insulation

6.1 Material

Insulation shall be extruded dielectric of one of the types listed in table 2.

6.2 Insulation thickness

The nominal insulation thicknesses are specified in tables 5 to 7.

L'épaisseur d'un éventuel séparateur, ou d'un écran semi-conducteur sur âme ou sur enveloppe isolante, ne doit pas être comprise dans celle de l'enveloppe isolante.

Tableau 5 – Epaisseur nominale de l'enveloppe isolante en PVC/B

Section nominale de l'âme mm ²	Epaisseur nominale de l'enveloppe isolante à la tension assignée $U_0/U (U_m)$
	3,6/6 (7,2) kV mm
10 à 1 000	3,4
NOTE – L'emploi d'âmes conductrices de section inférieure à celles indiquées dans ce tableau n'est pas conseillé. Toutefois, si une âme de section inférieure est nécessaire, il faut soit augmenter le diamètre de l'âme par un écran sur âme (voir 7.1), soit majorer l'épaisseur de l'enveloppe isolante de manière à limiter le gradient électrique maximal, appliqué à l'enveloppe isolante sous la tension d'essai, aux valeurs calculées pour la plus petite section d'âme indiquée dans ce tableau.	

Tableau 6 – Epaisseur nominale de l'enveloppe isolante en polyéthylène réticulé (PR)

Section nominale de l'âme mm ²	Epaisseur nominale de l'enveloppe isolante à la tension assignée $U_0/U (U_m)$				
	3,6/6 (7,2) kV mm	6/10 (12) kV mm	8,7/15 (17,5) kV mm	12/20 (24) kV mm	18/30 (36) kV mm
10	2,5	–	–	–	–
16	2,5	3,4	–	–	–
25	2,5	3,4	4,5	–	–
35	2,5	3,4	4,5	5,5	–
50 à 185	2,5	3,4	4,5	5,5	8,0
240	2,6	3,4	4,5	5,5	8,0
300	2,8	3,4	4,5	5,5	8,0
400	3,0	3,4	4,5	5,5	8,0
500 à 1 000	3,2	3,4	4,5	5,5	8,0
NOTE – L'emploi d'âmes conductrices de section inférieure à celles indiquées dans ce tableau n'est pas conseillé. Toutefois, si une âme de section inférieure est nécessaire, il faut soit augmenter le diamètre de l'âme par un écran sur âme (voir 7.1), soit majorer l'épaisseur de l'enveloppe isolante de manière à limiter le gradient électrique maximal, appliqué à l'enveloppe isolante sous la tension d'essai, aux valeurs calculées pour la plus petite section d'âme indiquée dans ce tableau.					

The thickness of any separator or semi-conducting screen on the conductor or over the insulation shall not be included in the thickness of the insulation.

Table 5 – Nominal thickness of PVC/B insulation

Nominal cross-sectional area of conductor mm ²	Nominal thickness of insulation at rated voltage $U_0/U (U_m)$
	3,6/6 (7,2) kV mm
10 to 1 000	3,4
NOTE – Any smaller conductor cross-section than those given in this table is not recommended. However, if a smaller cross-section is needed, either the diameter of the conductor shall be increased by a conductor screen (see 7.1), or the insulation thickness shall be increased in order to limit, at the values calculated with the smallest conductor size given in this table, the maximum electrical stresses applied to the insulation under test voltage.	

Table 6 – Nominal thickness of cross-linked polyethylene (XLPE) insulation

Nominal cross-sectional area of conductor mm ²	Nominal thickness of insulation at rated voltage $U_0/U (U_m)$				
	3,6/6 (7,2) kV mm	6/10 (12) kV mm	8,7/15 (17,5) kV mm	12/20 (24) kV mm	18/30 (36) kV mm
10	2,5	–	–	–	–
16	2,5	3,4	–	–	–
25	2,5	3,4	4,5	–	–
35	2,5	3,4	4,5	5,5	–
50 to 185	2,5	3,4	4,5	5,5	8,0
240	2,6	3,4	4,5	5,5	8,0
300	2,8	3,4	4,5	5,5	8,0
400	3,0	3,4	4,5	5,5	8,0
500 to 1 000	3,2	3,4	4,5	5,5	8,0
NOTE – Any smaller conductor cross-section than those given in this table is not recommended. However, if a smaller cross-section is needed, either the diameter of the conductor shall be increased by a conductor screen (see 7.1), or the insulation thickness shall be increased in order to limit, at the values calculated with the smallest conductor size given in this table, the maximum electrical stresses applied to the insulation under test voltage.					

Tableau 7 – Epaisseur nominale de l'enveloppe isolante en caoutchouc d'éthylène propylène (EPR) et caoutchouc d'éthylène-propylène dur (HEPR)

Section nominale de l'âme mm ²	Epaisseur nominale de l'enveloppe isolante à la tension assignée $U_0/U (U_m)$					
	3,6/6 (7,2) kV		6/10 (12) kV	8,7/15 (17,5) kV	12/20 (24) kV	18/30 (36) kV
	Sans écran mm	Avec écran mm	mm	mm	mm	mm
10	3,0	2,5	–	–	–	–
16	3,0	2,5	3,4	–	–	–
25	3,0	2,5	3,4	4,5	–	–
35	3,0	2,5	3,4	4,5	5,5	–
50 à 185	3,0	2,5	3,4	4,5	5,5	8,0
240	3,0	2,6	3,4	4,5	5,5	8,0
300	3,0	2,8	3,4	4,5	5,5	8,0
400	3,0	3,0	3,4	4,5	5,5	8,0
500 à 1 000	3,2	3,2	3,4	4,5	5,5	8,0

NOTE – L'emploi d'âmes conductrices de section inférieure à celles indiquées dans ce tableau n'est pas conseillé. Toutefois, si une âme de section inférieure est nécessaire, il faut soit augmenter le diamètre de l'âme par un écran sur âme (voir 7.1), soit majorer l'épaisseur de l'enveloppe isolante de manière à limiter le gradient électrique maximal, appliqué à l'enveloppe isolante, sous la tension d'essai, aux valeurs calculées pour la plus petite section d'âme indiquée dans ce tableau.

7 Ecrans

Tous les câbles doivent comporter un revêtement métallique, soit individuel sur chaque conducteur, soit collectif.

S'ils sont prescrits, les écrans sur conducteurs de câbles unipolaires ou tripolaires doivent consister en un écran sur âme et un écran sur enveloppe isolante. Ceux-ci sont obligatoires sur tous les câbles, avec les exceptions suivantes:

- les câbles de tension assignée 3,6/6 (7,2) kV isolés à l'EPR ou au HEPR peuvent ne pas comporter d'écrans, à condition d'utiliser l'épaisseur d'enveloppe isolante la plus forte du tableau 7;
- les câbles de tension assignée 3,6/6 (7,2) kV isolés au PVC ne doivent pas comporter d'écrans.

7.1 Ecran sur âme

L'écran sur âme doit être non métallique et être constitué d'un mélange semi-conducteur extrudé, qui peut être appliqué sur un ruban semi-conducteur. Le mélange semi-conducteur extrudé doit adhérer fermement à l'enveloppe isolante.

7.2 Ecran sur enveloppe isolante

L'écran sur enveloppe isolante doit être constitué d'une couche semi-conductrice non métallique associée à un revêtement métallique.

La couche non métallique doit être extrudée directement sur l'enveloppe isolante de chacun des conducteurs et consister en un mélange semi-conducteur soit adhérent, soit pelable.

Table 7 – Nominal thickness of ethylene propylene rubber (EPR) and hard ethylene propylene rubber (HEPR) insulation

Nominal cross-sectional area of conductor mm ²	Nominal thickness of insulation at rated voltage $U_0/U (U_m)$					
	3,6/6 (7,2) kV		6/10 (12) kV	8,7/15 (17,5) kV	12/20 (24) kV	18/30 (36) kV
	Unscreened mm	Screened mm	mm	mm	mm	mm
10	3,0	2,5	–	–	–	–
16	3,0	2,5	3,4	–	–	–
25	3,0	2,5	3,4	4,5	–	–
35	3,0	2,5	3,4	4,5	5,5	–
50 to 185	3,0	2,5	3,4	4,5	5,5	8,0
240	3,0	2,6	3,4	4,5	5,5	8,0
300	3,0	2,8	3,4	4,5	5,5	8,0
400	3,0	3,0	3,4	4,5	5,5	8,0
500 to 1 000	3,2	3,2	3,4	4,5	5,5	8,0

NOTE – Any smaller conductor cross-section than those given in this table is not recommended. However, if a smaller cross-section is needed, either the diameter of the conductor shall be increased by a conductor screen (see 7.1), or the insulation thickness shall be increased in order to limit, at the values calculated with the smallest conductor size given in this table, the maximum electrical stresses applied to the insulation under test voltage.

7 Screening

All cables shall have a metallic layer surrounding the cores either individually or collectively.

Screening of individual cores in single or three-core cables, when required, shall consist of a conductor screen and an insulation screen. These shall be employed in all cables with the following exceptions:

- at rated voltage 3,6/6 (7,2) kV cables insulated with EPR and HEPR may be unscreened provided the larger insulation thickness in table 7 is used;
- at rated voltage 3,6/6 (7,2) kV cables insulated with PVC shall be unscreened.

7.1 Conductor screen

The conductor screen shall be non-metallic and shall consist of an extruded semi-conducting compound, which may be applied on top of a semi-conducting tape. The extruded semi-conducting compound shall be firmly bonded to the insulation.

7.2 Insulation screen

The insulation screen shall consist of a non-metallic semi-conducting layer in combination with a metallic layer.

The non-metallic layer shall be extruded directly upon the insulation of each core and consist of either a bonded or strippable semi-conducting compound.

Un ruban ou un mélange semi-conducteur peut ensuite être appliqué sur les conducteurs individuels, ou sur l'assemblage des conducteurs.

Le revêtement métallique doit être appliqué soit sur chaque conducteur individuel soit sur l'assemblage des conducteurs, et satisfaire aux prescriptions de l'article 10.

8 Assemblage des câbles tripolaires, revêtements internes et bourrages

L'assemblage des câbles tripolaires dépend de la tension assignée et de l'écran métallique éventuellement appliqué sur chaque conducteur.

Les paragraphes 8.1 à 8.3 ne s'appliquent pas aux torsades de câbles unipolaires comportant une gaine individuelle.

8.1 Revêtements internes et bourrages

8.1.1 Constitution

Les revêtements internes peuvent être extrudés ou rubanés.

Pour les câbles à conducteurs circulaires, un revêtement interne rubané n'est admis que si les interstices entre conducteurs sont convenablement remplis.

L'emploi d'un lien approprié est permis avant l'application d'un revêtement interne extrudé.

8.1.2 Matériau

Les matériaux utilisés pour les revêtements internes et les bourrages doivent être adaptés à la température de service du câble et compatibles avec le matériau d'isolation.

8.1.3 Epaisseur du revêtement interne extrudé

L'épaisseur approximative des revêtements internes extrudés doit être conforme aux valeurs du tableau 8.

Tableau 8 – Epaisseur du revêtement interne extrudé

Diamètre fictif sur l'assemblage des conducteurs		Epaisseur du revêtement interne extrudé (valeurs approximatives)
Supérieur à mm	Inférieur ou égal à mm	
–	25	1,0
25	35	1,2
35	45	1,4
45	60	1,6
60	80	1,8
80	–	2,0

8.1.4 Epaisseur des revêtements internes rubanés

L'épaisseur approximative des revêtements rubanés doit être de 0,4 mm pour les diamètres fictifs sur assemblage des conducteurs inférieurs ou égaux à 40 mm et de 0,6 mm pour les diamètres supérieurs.

A layer of semi-conducting tape or compound may then be applied over the individual cores or the core assembly.

The metallic layer shall be applied over either the individual cores or the core assembly collectively and shall comply with the requirements of clause 10.

8 Assembly of three-core cables, inner coverings and fillers

The assembly of three-core cables depends on the rated voltage and whether a metallic screen is applied to each core.

The following subclauses 8.1 to 8.3 do not apply to assemblies of sheathed single-core cables.

8.1 Inner coverings and fillers

8.1.1 Construction

The inner coverings may be extruded or lapped.

For cables with circular cores a lapped inner covering shall be permitted only if the interstices between the cores are substantially filled.

A suitable binder is permitted before application of an extruded inner covering.

8.1.2 Material

The materials used for inner coverings and fillers shall be suitable for the operating temperature of the cable and compatible with the insulating material.

8.1.3 Thickness of extruded inner covering

The approximate thickness of extruded inner coverings shall be derived from table 8.

Table 8 – Thickness of extruded inner covering

Fictitious diameter over laid-up cores		Thickness of extruded inner covering (approximate values)
Above mm	Up to and including mm	mm
–	25	1,0
25	35	1,2
35	45	1,4
45	60	1,6
60	80	1,8
80	–	2,0

8.1.4 Thickness of lapped inner covering

The approximate thickness of lapped inner coverings shall be 0,4 mm for fictitious diameters over laid-up cores up to and including 40 mm and 0,6 mm for larger diameters.

8.2 Câbles avec revêtement métallique collectif (voir article 9)

Les câbles doivent comporter un revêtement interne sur l'assemblage des conducteurs. Le revêtement interne et les bourrages doivent satisfaire au 8.1 et doivent être non hygroscopiques, sauf si le câble est réputé étanche longitudinalement.

Pour les câbles comportant un écran semi-conducteur sur chaque conducteur individuel ainsi qu'un revêtement métallique collectif, le revêtement interne doit être semi-conducteur; les bourrages peuvent être semi-conducteurs.

8.3 Câbles comportant un revêtement métallique individuel sur chaque conducteur (voir article 10)

Les revêtements métalliques de chacun des conducteurs doivent être en contact entre eux.

Les câbles ayant en outre un revêtement métallique collectif (voir article 9) du même matériau que les revêtements individuels doivent comporter un revêtement interne sur l'assemblage des conducteurs. Le revêtement interne et les bourrages doivent satisfaire au 8.1 et doivent être non hygroscopiques, sauf si le câble est réputé étanche longitudinalement. Le revêtement interne et les bourrages peuvent être semi-conducteurs.

Lorsque les revêtements métalliques individuels et le revêtement métallique collectif sont constitués de matériaux différents, ils doivent être séparés par une gaine extrudée constituée de l'un des matériaux spécifiés en 14.2. Pour les câbles sous gaine de plomb, la séparation avec les revêtements métalliques individuels peut être obtenue par un revêtement interne conforme au paragraphe 8.1.

Pour les câbles ne comportant pas de revêtement métallique collectif (voir article 9), le revêtement interne peut être omis pour autant que la forme extérieure du câble reste pratiquement cylindrique.

9 Revêtements métalliques des câbles unipolaires et tripolaires

Les types de revêtements métalliques suivants sont inclus dans cette norme:

- a) écran métallique (voir article 10);
- b) âme concentrique (voir article 11);
- c) gaine métallique (voir article 12);
- d) armure métallique (voir article 13).

Le ou les revêtements métalliques doivent correspondre à un ou plusieurs des types énumérés ci-dessus et ne doivent pas être magnétiques quand ils sont appliqués sur des câbles unipolaires ou sur les conducteurs individuels de câbles tripolaires.

Des dispositions peuvent être prises pour assurer une étanchéité longitudinale au niveau des revêtements métalliques.

10 Ecran métallique

10.1 Constitution

L'écran métallique doit être constitué d'un ou plusieurs rubans, ou d'une tresse, ou d'une nappe concentrique de fils, ou d'une combinaison de fils et de ruban(s).

Il peut aussi être constitué d'une gaine ou, dans le cas d'un écran collectif, d'une armure satisfaisant au 10.2.

8.2 Cables having a collective metallic layer (see clause 9)

Cables shall have an inner covering over the laid-up cores. The inner covering and fillers shall comply with 8.1 and shall be non-hygroscopic except if the cable is claimed to be longitudinally watertight.

For cables having a semi-conducting screen over each individual core and a collective metallic layer, the inner covering shall be semi-conducting; the fillers may be semi-conducting.

8.3 Cables having a metallic layer over each individual core (see clause 10)

The metallic layers of the individual cores shall be in contact with each other.

Cables with an additional collective metallic layer (see clause 9) of the same material as the underlying individual metallic layers shall have an inner covering over the laid-up cores. The inner covering and fillers shall comply with 8.1 and shall be non-hygroscopic except if the cable is claimed to be longitudinally watertight. The inner covering and fillers may be semi-conducting.

When the underlying individual metallic layers and the collective metallic layer are of different materials, they shall be separated by an extruded sheath of one of the materials specified in 14.2. For lead sheathed cables the separation from the underlying individual metallic layers may be obtained by an inner covering according to 8.1.

For cables without a collective metallic layer (see clause 9), the inner covering may be omitted provided the outer shape of the cable remains practically circular.

9 Metallic layers for single-core and three-core cables

The following types of metallic layers are included in this standard:

- a) metallic screen (see clause 10);
- b) concentric conductor (see clause 11);
- c) metallic sheath (see clause 12);
- d) metallic armour (see clause 13).

The metallic layer(s) shall comprise one or more of the types listed above and shall be non-magnetic when applied to either single-core cables or individual cores of three-core cables.

Measures may be taken to achieve longitudinal watertightness in the region of the metallic layers.

10 Metallic screen

10.1 Construction

The metallic screen shall consist of one or more tapes, or a braid, or a concentric layer of wires or a combination of wires and tape(s).

It may also be a sheath or, in the case of a collective screen, an armour which complies with 10.2.

Dans le choix du matériau constituant l'écran, il est nécessaire d'apporter une attention particulière aux risques de corrosion, non seulement du point de vue de la sécurité mécanique, mais aussi du point de vue de la sécurité électrique.

Les vides dans l'écran doivent être conformes aux règlements nationaux et/ou aux normes nationales.

10.2 Prescriptions

Les prescriptions relatives aux dimensions et aux caractéristiques physiques et électriques de l'écran métallique doivent être définies par les règlements nationaux et/ou les normes nationales.

10.3 Ecrans métalliques non associés à une couche semi-conductrice

Il n'est pas nécessaire d'associer une couche semi-conductrice aux écrans métalliques utilisés à la tension assignée de 3,6/6 (7,2) kV pour les enveloppes isolantes en PVC, EPR et HEPR.

11 Ame concentrique

11.1 Constitution

Les vides dans l'âme concentrique doivent être conformes aux règlements nationaux et/ou aux normes nationales.

Dans le choix du matériau constituant l'âme concentrique, il est nécessaire d'apporter une attention particulière aux risques de corrosion, non seulement du point de vue de la sécurité mécanique, mais aussi du point de vue de la sécurité électrique.

11.2 Prescriptions

Les prescriptions relatives aux dimensions, aux caractéristiques physiques et à la résistance électrique de l'âme concentrique, doivent être définies par les règlements nationaux et/ou les normes nationales.

11.3 Application

Quand une âme concentrique est prescrite, elle doit être appliquée sur le revêtement interne dans le cas des câbles tripolaires. Dans le cas des câbles unipolaires, elle doit être appliquée soit directement sur l'enveloppe isolante, soit sur l'écran semi-conducteur sur enveloppe isolante, soit sur un revêtement interne approprié.

12 Gaine métallique

12.1 Gaine de plomb

Cette gaine doit être constituée de plomb ou d'alliage de plomb et être appliquée sous forme d'un tube sans soudure, raisonnablement serré.

L'épaisseur nominale doit être calculée à l'aide de la formule suivante:

- a) pour tous les câbles unipolaires ou assemblages de câbles unipolaires:

$$t_{pb} = 0,03 D_g + 0,8$$

- b) pour tous les câbles à âmes sectoriales jusqu'à 8,7/15 kV inclus:

$$t_{pb} = 0,03 D_g + 0,6$$

When choosing the material of the screen, special consideration shall be given to the possibility of corrosion, not only for mechanical safety but also for electrical safety.

Gaps in the screen shall comply with the national regulations and/or standards.

10.2 Requirements

The dimensional, physical and electrical requirements of the metallic screen shall be determined by national regulations and/or standards.

10.3 Metallic screens not associated with semi-conducting layers

Where metallic screens are employed at rated voltage of 3,6/6 (7,2) kV with PVC, EPR and HEPR insulations, these need not be associated with semi-conducting layers.

11 Concentric conductor

11.1 Construction

Gaps in the concentric conductor shall comply with national regulations and/or standards.

When choosing the material of the concentric conductor, special consideration shall be given to the possibility of corrosion, not only for mechanical safety but also for electrical safety.

11.2 Requirements

The dimensional and physical requirements of the concentric conductor and its electrical resistance shall be determined by national regulations and/or standards.

11.3 Application

When a concentric conductor is required, it shall be applied over the inner covering in the case of three-core cables; in the case of single-core cables, it shall be applied either directly over the insulation or over the semi-conducting insulation screen or over a suitable inner covering.

12 Metallic sheath

12.1 Lead sheath

The sheath shall consist of lead or lead alloy and shall be applied as a reasonably tight-fitting seamless tube.

The nominal thickness shall be calculated by the following formula:

- a) for all single-core cables or assemblies thereof:

$$t_{pb} = 0,03 D_g + 0,8$$

- b) for all cables with sector-shaped conductors up to and including 8,7/15 kV:

$$t_{pb} = 0,03 D_g + 0,6$$

c) pour tous les autres câbles:

$$t_{pb} = 0,03 D_g + 0,7$$

où

t_{pb} est l'épaisseur nominale de la gaine de plomb, en millimètres;

D_g est le diamètre fictif sous la gaine de plomb, en millimètres (arrondi à la première décimale, selon l'annexe B).

Dans tous les cas, la plus petite épaisseur nominale ne doit pas être inférieure à 1,2 mm. Les valeurs calculées doivent être arrondies à la première décimale (voir annexe B).

12.2 Autres gaines métalliques

À l'étude.

13 Armure métallique

13.1 Types d'armures métalliques

Les types d'armures concernés par cette norme sont:

- a) armure de fils méplats;
- b) armure de fils ronds;
- c) armure constituée de deux rubans.

13.2 Matériaux

Les fils ronds et méplats doivent être en acier galvanisé, en cuivre nu ou étamé, en aluminium ou en alliage d'aluminium.

Les rubans doivent être en acier, en acier galvanisé, en aluminium ou en alliage d'aluminium. Les rubans d'acier doivent être laminés à froid ou à chaud, de qualité commerciale.

Dans le cas des câbles munis d'une armure de fils d'acier devant satisfaire à une conductance minimale, il est admis d'ajouter des fils de cuivre ou de cuivre étamé en nombre suffisant, afin de satisfaire aux prescriptions.

Dans le choix du matériau constituant l'armure, il est nécessaire d'apporter une attention particulière aux risques de corrosion, non seulement du point de vue de la sécurité mécanique, mais aussi du point de vue de la sécurité électrique, surtout lorsque l'armure est utilisée comme écran.

L'armure des câbles unipolaires utilisés dans des réseaux à courant alternatif doit être constituée d'un matériau non magnétique, à moins qu'une constitution spéciale ne soit adoptée.

13.3 Disposition de l'armure

13.3.1 Câbles unipolaires

Dans le cas des câbles unipolaires, un revêtement interne extrudé ou rubané, dont l'épaisseur est spécifiée en 8.1.3 ou en 8.1.4, doit être disposé sous l'armure s'il n'y a pas d'écran.

c) for all other cables:

$$t_{pb} = 0,03 D_g + 0,7$$

where

t_{pb} is the nominal thickness of the lead sheath, in millimetres;

D_g is the fictitious diameter under the lead sheath, in millimetres (rounded to the first decimal place in accordance with annex B).

In all cases the smallest nominal thickness shall be 1,2 mm. Calculated values shall be rounded to the first decimal place (see annex B).

12.2 Other metallic sheaths

Under consideration.

13 Metallic armour

13.1 Types of metallic armour

The armour types covered by this standard are:

- a) flat wire armour;
- b) round wire armour;
- c) double tape armour.

13.2 Materials

Round or flat wires shall be of galvanized steel, copper or tinned copper, aluminium or aluminium alloy.

Tapes shall be of steel, galvanized steel, aluminium or aluminium alloy. Steel tapes shall be hot or cold rolled of commercial quality.

In those cases where the steel armour wire layer is required to comply with a minimum conductance, it is permissible to include sufficient copper or tinned copper wires in the armour layer to ensure compliance.

When choosing the material of the armour, special consideration shall be given to the possibility of corrosion, not only for mechanical safety, but also for electrical safety, especially when the armour is used as a screen.

The armour of single-core cables for use on a.c. systems shall consist of non-magnetic material, unless a special construction is chosen.

13.3 Application of armour

13.3.1 Single-core cables

In the case of single-core cables, an inner covering, extruded or lapped, of the thickness specified in 8.1.3 or 8.1.4, shall be applied under the armour if there is no screen.

13.3.2 Câbles tripolaires

Lorsqu'une armure est prescrite dans le cas des câbles tripolaires, elle doit être disposée sur un revêtement interne conforme à 8.1.

13.3.3 Gaine de séparation

Lorsque l'écran métallique sous-jacent et l'armure sont constitués de matériaux différents, ils doivent être séparés par une gaine extrudée constituée de l'un des matériaux indiqués en 14.2.

Lorsqu'une armure est prévue sur un câble comportant une gaine de plomb, elle peut être disposée sur une gaine de séparation ou un matelas rubané comme indiqué en 13.3.4.

Si une gaine de séparation est utilisée, elle doit être appliquée sous l'armure, à la place ou en plus du revêtement interne.

Une gaine de séparation n'est pas nécessaire lorsque des dispositions ont été prises pour assurer une étanchéité longitudinale au niveau des revêtements métalliques.

L'épaisseur nominale de cette gaine de séparation T_s exprimée en millimètres doit être calculée à l'aide de la formule suivante:

$$T_s = 0,02 D_u + 0,6$$

où D_u est le diamètre fictif sous cette gaine, en millimètres, calculé comme indiqué dans l'annexe A.

La valeur calculée à l'aide de la formule doit être arrondie à 0,1 mm près (voir annexe B).

Pour les câbles ne comportant pas de gaine de plomb, l'épaisseur nominale ne doit pas être inférieure à 1,2 mm. Pour les câbles pour lesquels la gaine de séparation est appliquée directement sur la gaine de plomb, l'épaisseur nominale ne doit pas être inférieure à 1,0 mm.

13.3.4 Matelas rubané sous armure pour les câbles sous plomb

Le matelas rubané disposé sur la gaine de plomb enduite doit être constitué soit de rubans de papier imprégné et enduit de mélange, soit d'une combinaison de deux couches de papier imprégné de mélange, puis d'une ou plusieurs couches de matériau fibreux imprégné de mélange.

L'imprégnation des matériaux constituant le matelas peut être à base de mélanges bitumineux ou d'autres matériaux protecteurs. Dans le cas de fils d'armure, ces mélanges ne doivent pas être appliqués directement sous les fils.

Des rubans synthétiques peuvent être utilisés à la place des rubans de papier imprégné.

L'épaisseur totale du matelas rubané entre la gaine de plomb et l'armure, après application de l'armure, doit avoir une valeur approximative de 1,5 mm.

13.4 Dimensions des fils et des rubans d'armure

Les dimensions nominales des fils et des rubans d'armure doivent être de préférence choisies parmi les valeurs suivantes:

13.3.2 *Three-core cables*

When an armour is required in the case of three-core cables, it shall be applied on an inner covering complying with 8.1.

13.3.3 *Separation sheath*

When the underlying metallic layer and the armour are of different materials, they shall be separated by an extruded sheath of one of the materials specified in 14.2.

When an armour is required for a lead-sheathed cable it may be applied over a separation sheath or a lapped bedding according to 13.3.4.

If a separation sheath is used, it shall be applied under the armour instead of, or in addition to, the inner covering.

A separation sheath is not required when measures have been taken to achieve longitudinal watertightness in the region of the metallic layers.

The nominal thickness of the separation sheath T_s expressed in millimetres shall be calculated by the following formula:

$$T_s = 0,02 D_u + 0,6$$

where D_u is the fictitious diameter under this sheath, in millimetres, calculated as described in annex A.

The value resulting from the formula shall be rounded off to the nearest 0,1 mm (see annex B).

For cables without a lead sheath the nominal thickness shall be not less than 1,2 mm. For cables where the separation sheath is applied directly over the lead sheath, the nominal thickness shall be not less than 1,0 mm.

13.3.4 *Lapped bedding under armour for lead sheathed cables*

The lapped bedding applied to the compound coated lead sheath shall consist of either impregnated and compounded paper tapes or a combination of two layers of impregnated and compounded paper tapes followed by one or more layers of compounded fibrous material.

The impregnation of bedding materials may be made with bituminous or other preservative compounds. In case of wire armour these compounds shall not be applied directly under the wires.

Synthetic tapes may be applied instead of impregnated paper tapes.

The total thickness of the lapped bedding between the lead sheath and the armour after application of the armour shall have an approximate value of 1,5 mm.

13.4 *Dimensions of the armour wires and armour tapes*

The nominal dimensions of the armour wires and armour tapes shall preferably be one of the following values:

fils ronds:

0,8 - 1,25 - 1,6 - 2,0 - 2,5 - 3,15 mm de diamètre;

fils méplats:

0,8 mm d'épaisseur;

rubans en acier:

0,2 - 0,5 - 0,8 mm d'épaisseur;

rubans en aluminium ou en alliage d'aluminium:

0,5 - 0,8 mm d'épaisseur.

13.5 Correspondance entre les diamètres des câbles et les dimensions des armures

Les diamètres nominaux des fils d'armure ronds et les épaisseurs nominales des rubans d'armure ne doivent pas être inférieurs aux valeurs indiquées respectivement dans les tableaux 9 et 10.

Tableau 9 – Diamètre nominal des fils d'armure ronds

Diamètre fictif sous armure		Diamètre nominal du fil d'armure mm
Supérieur à mm	Inférieur ou égal à mm	
–	10	0,8
10	15	1,25
15	25	1,6
25	35	2,0
35	60	2,5
60	–	3,15

Tableau 10 – Epaisseur nominale des rubans d'armure

Diamètre fictif sous armure		Epaisseur nominale du ruban	
Supérieur à mm	Inférieur ou égal à mm	Acier ou acier galvanisé mm	Aluminium ou alliage d'aluminium mm
–	30	0,2	0,5
30	70	0,5	0,5
70	–	0,8	0,8

Pour les fils d'armure méplats et les diamètres fictifs sous armure supérieurs à 15 mm, l'épaisseur nominale des fils d'acier méplats doit être de 0,8 mm. Les câbles de diamètre fictif sous armure inférieur ou égal à 15 mm ne doivent pas recevoir de fils d'armure méplats.

13.6 Armure de fils ronds ou méplats

Les fils d'armure doivent être jointifs, c'est-à-dire avec un jeu minimal entre fils adjacents. Un ruban d'acier galvanisé d'épaisseur nominale d'au moins 0,3 mm peut être disposé en forme d'hélice ouverte sur une armure de fils d'acier méplats ou ronds, si cela est nécessaire. Les tolérances données en 17.7.3 s'appliquent à ce ruban d'acier.

round wires:

0,8 - 1,25 - 1,6 - 2,0 - 2,5 - 3,15 mm diameter;

flat wires:

0,8 mm thickness;

tapes of steel:

0,2 - 0,5 - 0,8 mm thickness;

tapes of aluminium or aluminium alloy:

0,5 - 0,8 mm thickness.

13.5 Correlation between cable diameters and armour dimensions

The nominal diameters of round armour wires and the nominal thicknesses of the armour tapes shall be not less than the values given in tables 9 and 10 respectively.

Table 9 – Nominal diameter of round armour wires

Fictitious diameter under the armour		Nominal diameter of armour wire mm
Above mm	Up to and including mm	
–	10	0,8
10	15	1,25
15	25	1,6
25	35	2,0
35	60	2,5
60		3,15

Table 10 – Nominal thickness of armour tapes

Fictitious diameter under the armour		Nominal thickness of tape	
Above mm	Up to and including mm	Steel or galvanized steel mm	Aluminium or aluminium alloy mm
–	30	0,2	0,5
30	70	0,5	0,5
70	–	0,8	0,8

For flat wire armour and fictitious diameters under the armour greater than 15 mm, the nominal thickness of the flat steel wire shall be 0,8 mm. Cables with fictitious diameters under the armour up to and including 15 mm shall not be armoured with flat wires.

13.6 Round or flat wire armour

The wire armour shall be closed, i.e. with a minimum gap between adjacent wires. An open helix consisting of galvanized steel tape with a nominal thickness of at least 0,3 mm may be provided over flat steel wire armour and over round steel wire armour, if necessary. Tolerances on this steel tape shall comply with 17.7.3.

13.7 Armure constituée de deux rubans

Quand une armure de rubans et un revêtement interne conformes à 8.1 sont utilisés, le revêtement interne doit être renforcé par un matelas rubané. L'épaisseur totale du revêtement interne et du matelas rubané doit être celle donnée en 8.1, augmentée de 0,5 mm si l'épaisseur des rubans d'armure est de 0,2 mm, et de 0,8 mm si l'épaisseur des rubans d'armure est supérieure à 0,2 mm.

L'épaisseur totale du revêtement interne et du matelas rubané supplémentaire ne doit pas être inférieure à ces valeurs de plus de 0,2 mm + 20 %.

Si une gaine de séparation est prescrite ou si le revêtement interne est extrudé et satisfait aux prescriptions du 13.3.3, le matelas rubané supplémentaire n'est pas prescrit.

Les rubans d'armure doivent être posés en hélice, en deux couches, de façon que le ruban externe soit approximativement centré sur l'intervalle entre spires du ruban interne. L'intervalle entre deux spires adjacentes de chaque ruban ne doit pas dépasser 50 % de la largeur du ruban.

14 Gaine extérieure

14.1 Généralités

Tous les câbles doivent comporter une gaine extérieure.

La gaine extérieure est normalement de couleur noire, mais une autre couleur peut être fournie selon accord entre le fabricant et l'acheteur, sous réserve qu'elle convienne pour les conditions particulières d'emploi du câble.

14.2 Matériau

La gaine extérieure doit être constituée d'un mélange thermoplastique (PVC ou polyéthylène) ou élastomérique (polychloroprène, polyéthylène chlorosulfoné ou matériaux analogues).

Le matériau de la gaine doit convenir à la température de service comme indiqué au tableau 4.

Des additifs chimiques peuvent être nécessaires dans la gaine extérieure pour des applications spéciales, par exemple protection contre les termites, mais il convient que ces additifs ne contiennent pas de produits nocifs pour l'homme et/ou pour l'environnement.

NOTE – Des exemples de matériaux¹⁾ considérés comme indésirables sont:

Aldrin 1,2,3,4,10,10-hexachloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahydro-1,4,5,8-diméthanonaphtalène

Dieldrin 1,2,3,4,10,10-hexachloro-6,7-époxy-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-1,4,5,8-diméthanonaphtalène

Lindane Isomère Gamma du 1,2,3,4,5,6-hexachloro-cyclohexane

14.3 Epaisseur

Sauf spécification contraire, l'épaisseur nominale t_s exprimée en millimètres doit être calculée à l'aide de la formule suivante:

$$t_s = 0,035 D + 1,0$$

où D est le diamètre fictif immédiatement sous la gaine, en millimètres (voir annexe A).

¹⁾ Source: *Dangerous properties of industrial materials*, N.I. Sax, fifth edition, Van Nostrand Reinhold, ISBN 0-442-27373-8.

13.7 Double tape armour

When a tape armour and an inner covering as specified in 8.1 are used, the inner covering shall be reinforced by a taped bedding. The total thickness of the inner covering and the additional taped bedding shall be as given in 8.1 plus 0,5 mm if the armour tape thickness is 0,2 mm, and plus 0,8 mm if the armour tape thickness is more than 0,2 mm.

The total thickness of the inner covering and the additional taped bedding shall be not less than these values by more than 0,2 mm + 20 %.

If a separation sheath is required or if the inner covering is extruded and satisfies the requirements of 13.3.3, the additional taped bedding is not required.

The tape armour shall be applied helically in two layers so that the outer tape is approximately central over the gap of the inner tape. The gap between adjacent turns of each tape shall not exceed 50 % of the width of the tape.

14 Oversheath

14.1 General

All cables shall have an oversheath.

The oversheath is normally black but a colour other than black may be provided by agreement between the manufacturer and the purchaser, subject to its suitability for the particular conditions under which the cable is to be used.

14.2 Material

The oversheath shall consist of a thermoplastic compound (PVC or polyethylene) or an elastomeric compound (polychloroprene, chlorosulfonated polyethylene or similar polymers).

The sheathing material shall be suitable for the operating temperature in accordance with table 4.

Chemical additives may be requested for use in the oversheath for special purposes, for example termite protection, but they should not include materials harmful to mankind and/or environment.

NOTE – Examples of materials¹⁾ considered to be undesirable are:

Aldrin 1,2,3,4,10,10-hexachloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahydro-1,4,5,8-dimethanonaphthalene

Dieldrin 1,2,3,4,10,10-hexachloro-6,7-epoxy-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-1,4,5,8-dimethanonaphthalene

Lindane Gamma Isomer of 1,2,3,4,5,6-hexachloro-cyclohexane

14.3 Thickness

Unless otherwise specified the nominal thickness t_s expressed in millimetres shall be calculated by the following formula:

$$t_s = 0,035 D + 1,0$$

where D is the fictitious diameter immediately under the sheath, in millimetres (see annex A).

¹⁾ Source: *Dangerous properties of industrial materials*, N.I. Sax, fifth edition, Van Nostrand Reinhold, ISBN 0-442-27373-8.

La valeur calculée à l'aide de la formule doit être arrondie à 0,1 mm près (voir annexe B).

Pour les câbles non armés et les câbles dont la gaine n'est pas appliquée directement sur l'armure, sur un écran métallique ou sur l'âme concentrique, l'épaisseur nominale ne doit pas être inférieure à 1,4 mm pour les câbles unipolaires et à 1,8 mm pour les câbles tripolaires.

Pour les câbles dont la gaine est appliquée directement sur l'armure, sur un écran métallique ou sur une âme concentrique, l'épaisseur nominale de la gaine ne doit pas être inférieure à 1,8 mm.

15 Conditions d'essais

15.1 Température ambiante

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

15.2 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.

15.3 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 doivent être conformes à la CEI 60060-1.

16 Essais individuels

16.1 Généralités

Les essais individuels sont normalement effectués sur toutes les longueurs de câble fabriqué (voir 3.2.1). Toutefois, le nombre de longueurs essayées peut être réduit ou une méthode alternative adoptée, selon des procédures agréées de contrôle de la qualité.

Les essais individuels prescrits par cette norme sont:

- a) mesure de la résistance électrique des âmes (voir 16.2);
- b) essai de décharges partielles (voir 16.3) pour les câbles comportant des écrans sur âme et sur enveloppe isolante comme indiqué en 7.1 et en 7.2;
- c) essai de tension (voir 16.4).

16.2 Résistance électrique des âmes

Les mesures de résistance doivent être effectuées sur toutes les âmes de chaque longueur de câble soumise aux essais individuels, y compris l'âme concentrique éventuelle.

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 régulée.

The value resulting from the formula shall be rounded off to the nearest 0,1 mm (see annex B).

For unarmoured cables and cables with the sheath not applied directly over the armour, metallic screen or concentric conductor, the nominal thickness shall be not less than 1,4 mm for single-core cables and 1,8 mm for three-core cables.

For cables with the sheath applied directly over the armour, metallic screen or concentric conductor, the nominal sheath thickness shall be not less than 1,8 mm.

15 Test conditions

15.1 Ambient temperature

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

15.2 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.

15.3 Waveform of impulse test voltages

In accordance with IEC 60230, the impulse wave shall have a virtual front time between 1 μs and 5 μs and a nominal time to half the peak value between 40 μs and 60 μs , and in other respects shall be in accordance with IEC 60060-1.

16 Routine tests

16.1 General

Routine tests are normally carried out on each manufactured length of cable (see 3.2.1). The number of lengths to be tested may however be reduced or an alternative test method adopted, according to agreed quality control procedures.

The routine tests required by this standard are:

- a) measurement of the electrical resistance of conductors (see 16.2);
- b) partial discharge test (see 16.3) on cables having cores with conductor screens and insulation screens in accordance with 7.1 and 7.2;
- c) voltage test (see 16.4)

16.2 Electrical resistance of conductors

Resistance measurements shall be made on all conductors of each cable length submitted to the routine tests, including the concentric conductor, if any.

The complete cable length, or a sample from it, shall be placed in the test room, which shall be maintained at a reasonably constant temperature, for at least 12 h before the test. In case of doubt as to whether the conductor temperature is the same as the room temperature the resistance shall be measured after the cable has been in the test room for 24 h. Alternatively, the resistance can be measured on a sample of conductor conditioned for at least 1 h in a temperature-controlled liquid bath.

La résistance mesurée doit être ramenée à une température de 20 °C et à 1 km de câble au moyen des formules et facteurs indiqués dans la CEI 60228.

La résistance de chaque âme en courant continu à 20 °C ne doit pas être supérieure à la valeur maximale correspondante spécifiée dans la CEI 60228. Pour les âmes concentriques, la résistance doit être conforme aux règlements nationaux et/ou aux normes nationales.

16.3 Essai de décharges partielles

L'essai de décharges partielles doit être effectué comme indiqué dans la CEI 60885-3.

Dans le cas des câbles tripolaires, l'essai doit être effectué sur tous les conducteurs isolés en appliquant la tension entre chaque âme et l'écran métallique.

L'amplitude des décharges à $1,73 U_0$ ne doit pas être supérieure à 10 pC.

16.4 Essai de tension

16.4.1 Généralités

On effectue l'essai de tension à la température ambiante en appliquant une tension alternative à fréquence industrielle.

16.4.2 Méthode d'essai pour les câbles unipolaires

Pour les câbles unipolaires, la tension d'essai doit être appliquée pendant 5 min entre l'âme et l'écran métallique.

16.4.3 Méthode d'essai pour les câbles tripolaires

Pour les câbles tripolaires avec écran métallique individuel sur chaque conducteur, la tension d'essai doit être appliquée pendant 5 min entre chaque âme et le revêtement métallique.

Pour les câbles tripolaires sans écran métallique individuel sur chaque conducteur, la tension d'essai doit être appliquée pendant 5 min successivement entre chaque conducteur isolé et tous les autres conducteurs et les revêtements métalliques collectifs.

Les câbles tripolaires peuvent être essayés en une seule opération en utilisant un transformateur triphasé.

16.4.4 Tension d'essai

La tension d'essai à fréquence industrielle doit être de $3,5 U_0$. Les valeurs des tensions d'essai monophasées pour les tensions assignées normalisées sont indiquées dans le tableau 11.

Tableau 11 – Tension des essais individuels

Tension assignée U_0	kV	3,6	6	8,7	12	18
Tension d'essai	kV	12,5	21	30,5	42	63

Dans le cas des câbles tripolaires, si la tension d'essai est appliquée par un transformateur triphasé, la tension d'essai entre les phases du transformateur doit être de 1,73 fois les valeurs indiquées dans ce tableau.

Dans tous les cas, la tension d'essai doit être élevée progressivement à la valeur spécifiée.

The measured value of resistance 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 each conductor at 20 °C shall not exceed the appropriate maximum value specified in IEC 60228. For concentric conductors, the resistance shall comply with national regulations and/or standards.

16.3 *Partial discharge test*

The partial discharge test shall be carried out in accordance with IEC 60885-3.

For three-core cables, the test shall be carried out on all insulated cores, the voltage being applied between each conductor and the metallic screen.

The magnitude of the discharge at $1,73 U_0$ shall not exceed 10 pC.

16.4 *Voltage test*

16.4.1 *General*

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

16.4.2 *Test procedure for single-core cables*

For single-core cables, the test voltage shall be applied for 5 min between the conductor and the metallic screen.

16.4.3 *Test procedure for three-core cables*

For three-core cables with individually metallic screened cores, the test voltage shall be applied for 5 min between each conductor and the metallic layer.

For three-core cables without individually metallic screened cores, the test voltage shall be applied for 5 min in succession between each insulated conductor and all the other conductors and collective metallic layers.

Three-core cables may be tested in a single operation by using a three-phase transformer.

16.4.4 *Test voltage*

The power frequency test voltage shall be $3,5 U_0$. Values of single-phase test voltage for the standard rated voltages are given in table 11.

Table 11 – Routine test voltages

Rated voltage U_0	kV	3,6	6	8,7	12	18
Test voltage	kV	12,5	21	30,5	42	63

If, for three-core cables, the voltage test is carried out with a three-phase transformer, the test voltage between the phases shall be 1,73 times the values given in this table.

In all cases, the test voltage shall be increased gradually to the specified value.

16.4.5 Prescription

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

17 Essais sur prélèvements

17.1 Généralités

Les essais sur prélèvements prescrits par cette norme sont:

- a) examen de l'âme (voir 17.4);
- b) vérifications dimensionnelles (voir 17.5 à 17.8);
- c) essai de tension pour les câbles de tension assignée supérieure à 3,6/6 (7,2) kV (voir 17.9);
- d) essai d'allongement à chaud des enveloppes isolantes en EPR, HEPR et PR et des gaines en matériau élastomérique (voir 17.10).

17.2 Fréquence des essais sur prélèvements

17.2.1 Examen de l'âme et vérifications dimensionnelles

L'examen de l'âme, les mesures d'épaisseurs d'enveloppe isolante et de gaine et les mesures du diamètre extérieur doivent être effectués sur une longueur de chaque série de fabrication de câble du même type et de même section nominale, le nombre de longueurs étant toutefois limité à 10 % du nombre total des longueurs stipulées dans la commande.

17.2.2 Essais électriques et physiques

Les essais électriques et physiques doivent être effectués sur des échantillons de câbles prélevés sur les câbles fabriqués, selon des procédures agréées de contrôle de la qualité. En l'absence de procédures agréées, pour les commandes dont la longueur totale dépasse 2 km pour les câbles tripolaires ou 4 km pour les câbles unipolaires, les essais doivent être réalisés selon le tableau 12.

Tableau 12 – Nombre d'échantillons pour essais sur prélèvements

Longueur de câble				Nombre d'échantillons
Câbles tripolaires		Câbles unipolaires		
Supérieure à km	Inférieure ou égale à km	Supérieure à km	Inférieure ou égale à km	
2	10	4	20	1
10	20	20	40	2
20	30	40	60	3
etc.		etc.		etc.

17.3 Répétition des essais

Si l'un des échantillons ne satisfait pas aux essais de l'article 17, on doit prélever deux nouveaux échantillons sur le même lot de câbles et les soumettre à l'essai ou aux essais défectueux. Si les deux contre-essais sont satisfaisants, l'ensemble des câbles du lot est considéré comme conforme aux prescriptions de cette norme. Si l'un ou l'autre des contre-essais est défectueux, le lot de câbles est considéré comme non conforme.

16.4.5 Requirement

No breakdown of the insulation shall occur.

17 Sample tests

17.1 General

The sample tests required by this standard are:

- a) conductor examination (see 17.4);
- b) check of dimensions (see 17.5 to 17.8);
- c) voltage test for cables of rated voltage above 3,6/6 (7,2) kV (see 17.9);
- d) hot set test for EPR, HEPR and XLPE insulations and elastomeric sheaths (see 17.10).

17.2 Frequency of sample tests

17.2.1 Conductor examination and check of dimensions

Conductor examination, measurement of the thickness of insulation and sheath and measurement of the overall diameter shall be made on one length from each manufacturing series of the same type and nominal cross-section of cable, but shall be limited to not more than 10 % of the number of lengths in any contract.

17.2.2 Electrical and physical tests

Electrical and physical tests shall be carried out on samples taken from manufactured cables according to agreed quality control procedures. In the absence of such an agreement, for contracts where the total length exceeds 2 km for three-core cables or 4 km for single-core cables, tests shall be made on the basis of table 12.

Table 12 – Number of samples for sample tests

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

17.3 Repetition of tests

If any sample fails in any of the tests in clause 17, two further samples shall be taken from the same batch and submitted to the same test or tests in which the original sample failed. If both additional samples pass the tests, all the cables in the batch from which they were taken shall be regarded as complying with the requirements of this standard. If either of the additional samples fails, the batch from which they were taken shall be regarded as failing to comply.

17.4 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.

17.5 Mesure de l'épaisseur des enveloppes isolantes et des gaines non métalliques (y compris les gaines de séparation extrudées, mais à l'exclusion des revêtements internes extrudés)

17.5.1 Généralités

La méthode d'essai doit être conforme à l'article 8 de la CEI 60811-1-1.

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

17.5.2 Prescriptions pour les enveloppes isolantes

Pour chaque échantillon de conducteur, la moyenne des valeurs mesurées, arrondie à 0,1 mm près selon l'annexe B, ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale et la plus petite valeur mesurée ne doit pas être inférieure à la valeur nominale, diminuée de 0,1 mm + 10 % de la valeur nominale, à savoir:

$$t_m \geq t_n - (0,1 + 0,1 t_n)$$

où

t_m est l'épaisseur minimale, en millimètres;

t_n est l'épaisseur nominale, en millimètres.

17.5.3 Prescriptions pour les gaines non métalliques

Chaque échantillon de gaine doit satisfaire aux prescriptions suivantes:

a) pour une gaine extérieure appliquée sur une surface cylindrique lisse (par exemple, sur un revêtement interne, une gaine métallique ou l'enveloppe isolante), la moyenne des valeurs mesurées, arrondie à 0,1 mm près selon l'annexe B, ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale et la plus petite valeur mesurée ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale, diminuée de 0,1 mm + 15 % de la valeur nominale, à savoir:

$$t_m \geq t_n - (0,1 + 0,15 t_n)$$

b) pour une gaine extérieure appliquée sur une surface cylindrique irrégulière (par exemple une gaine extérieure formant bourrage sur un câble tripolaire non armé sans revêtement interne, ou une gaine extérieure appliquée directement sur une armure, un écran métallique ou une âme concentrique), et pour une gaine de séparation, la plus petite valeur mesurée ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale, diminuée de 0,2 mm + 20 % de la valeur nominale, à savoir:

$$t_m \geq t_n - (0,2 + 0,2 t_n)$$

17.6 Mesure de l'épaisseur de la gaine de plomb

L'épaisseur minimale de la gaine de plomb doit être déterminée par l'une des deux méthodes suivantes, au choix du fabricant, et ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale, diminuée de 0,1 mm + 5 % de la valeur nominale, à savoir:

$$t_m \geq t_n - (0,1 + 0,05 t_n)$$

NOTE – Les méthodes de mesure de l'épaisseur des autres types de gaines métalliques sont à l'étude.

17.4 Conductor examination

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

17.5 Measurement of thickness of insulation and of non-metallic sheaths (including extruded separation sheath, but excluding inner extruded coverings)

17.5.1 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 of cable taken from one end after having discarded, if necessary, any portion which may have suffered damage.

17.5.2 Requirements for the insulation

For each piece of core the average of the measured values, rounded to 0,1 mm in accordance with annex B, shall be not less than the nominal thickness, and the smallest value shall not fall below the nominal value by more than 0,1 mm + 10 % of the nominal value, i.e.:

$$t_m \geq t_n - (0,1 + 0,1 t_n)$$

where

t_m is the minimum thickness, in millimetres;

t_n is the nominal thickness, in millimetres.

17.5.3 Requirements for the non-metallic sheaths

The piece of sheath shall comply with the following:

a) for an oversheath applied on a smooth cylindrical surface (e.g. on an inner covering, a metal sheath or the insulation), the average of the measured values, rounded to 0,1 mm in accordance with annex B, shall be not less than the nominal thickness and the smallest value measured shall not fall below the nominal thickness by more than 0,1 mm + 15 % of the nominal value, i.e.:

$$t_m \geq t_n - (0,1 + 0,15 t_n)$$

b) for an oversheath applied on an irregular cylindrical surface (e.g. a penetrating oversheath on an unarmoured three-core cable without inner covering or an oversheath applied directly over armour, metallic screen or concentric conductor) and for a separation sheath, the smallest measured value shall not fall below the nominal thickness by more than 0,2 mm + 20 % of the nominal value, i.e.:

$$t_m \geq t_n - (0,2 + 0,2 t_n)$$

17.6 Measurement of thickness of lead sheath

The minimum thickness of the lead sheath shall be determined by one of the following methods, at the discretion of the manufacturer, and shall not fall below the nominal thickness by more than 0,1 mm + 5 % of the nominal value, i.e.:

$$t_m \geq t_n - (0,1 + 0,05 t_n)$$

NOTE – Methods of measuring thickness of other types of metallic sheath are under consideration.

17.6.1 Méthode «à plat»

La mesure est effectuée à l'aide d'un micromètre à faces planes, de touches de diamètre compris entre 4 mm et 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 est mesurée en un certain nombre de points, le long de la périphérie de la gaine, à 10 mm au moins du bord de l'éprouvette redressée, afin d'être sûr que l'épaisseur minimale est mesurée.

17.6.2 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.

17.7 Mesure sur les fils et rubans d'armure

17.7.1 Mesure sur les fils

Le diamètre des fils ronds et l'épaisseur des fils méplats doivent être mesurés à l'aide d'un micromètre ayant deux touches planes et une précision de $\pm 0,01$ mm. Pour les fils ronds, deux mesures doivent être effectuées à angle droit sur le même diamètre et la moyenne des deux valeurs est prise comme diamètre du fil.

17.7.2 Mesure sur les rubans

Les mesures doivent être faites avec un micromètre ayant deux touches planes d'un diamètre approximatif de 5 mm, et une précision de $\pm 0,01$ mm. Pour les rubans de largeur inférieure ou égale à 40 mm, l'épaisseur doit être mesurée au milieu de la largeur. Pour les rubans plus larges, les mesures doivent être faites à 20 mm de chaque bord du ruban et la moyenne des deux valeurs est prise comme épaisseur du ruban.

17.7.3 Prescriptions

Les dimensions des fils et des rubans d'armure ne doivent pas être inférieures aux valeurs nominales indiquées au 13.5 de plus de:

- 5 % pour les fils ronds;
- 8 % pour les fils méplats;
- 10 % pour les rubans.

17.8 Mesure du diamètre extérieur

Si la mesure du diamètre extérieur du câble est prescrite à titre d'essai sur prélèvements, elle doit être effectuée conformément à l'article 8 de la CEI 60811-1-1.

17.9 Essai de tension pendant 4 h

Cet essai n'est applicable qu'aux câbles de tension assignée supérieure à 3,6/6 (7,2) kV.

17.6.1 *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.

17.6.2 *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.

17.7 *Measurement of armour wires and tapes*

17.7.1 *Measurement on wires*

The diameter of round wires and the thickness of flat wires shall be measured by means of a micrometer having two flat noses to an accuracy of $\pm 0,01$ mm. For round wires, two measurements shall be made at right angles to each other at the same position and the average of the two values taken as the diameter.

17.7.2 *Measurement on tapes*

The measurement shall be made with a micrometer having two flat noses of approximately 5 mm in diameter to an accuracy of $\pm 0,01$ mm. For tapes up to 40 mm in width the thickness shall be measured at the centre of the width. For wider tapes the measurements shall be made 20 mm from each edge of the tape and the average of the results taken as the thickness.

17.7.3 *Requirements*

The dimensions of armour wires and tapes shall not fall below the nominal values given in 13.5 by more than:

- 5 % for round wires;
- 8 % for flat wires;
- 10 % for tapes.

17.8 *Measurement of external diameter*

If the measurement of the external diameter of the cable is required as a sample test, it shall be carried out in accordance with clause 8 of IEC 60811-1-1.

17.9 *Voltage test for 4 h*

This test is applicable only to cables of rated voltage above 3,6/6 (7,2) kV.

17.9.1 Echantillonnage

L'échantillon doit être un tronçon de câble complet d'au moins 5 m de longueur entre les extrémités d'essai.

17.9.2 Mode opératoire

Une tension à fréquence industrielle doit être appliquée pendant 4 h à la température ambiante, entre chaque âme et le ou les revêtements métalliques.

17.9.3 Tension d'essai

La tension d'essai doit être de $4 U_0$. Les valeurs de tension d'essai pour les tensions assignées normalisées sont données dans le tableau 13.

Tableau 13 – Tension des essais sur prélèvements

Tension assignée U_0	kV	6	8,7	12	18
Tension d'essai	kV	24	35	48	72

La tension d'essai doit être élevée progressivement à la valeur spécifiée et maintenue pendant 4 h.

17.9.4 Prescriptions

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

17.10 Essai d'allongement à chaud des enveloppes isolantes en EPR, HEPR et PR et des gaines en matériau élastomérique

17.10.1 Mode opératoire

L'échantillonnage et la méthode d'essai doivent être conformes à l'article 9 de la CEI 60811-2-1, dans les conditions indiquées dans les tableaux 21 et 22.

17.10.2 Prescriptions

Les résultats des essais doivent être conformes aux valeurs indiquées dans le tableau 21 pour les enveloppes isolantes en EPR, HEPR et PR, et dans le tableau 22 pour les gaines du type SE₁.

18 Essais de type électriques

18.1 Câbles comportant des écrans sur âme et sur enveloppe isolante

Un échantillon de câble complet, de 10 m à 15 m de longueur, est soumis aux essais énumérés en 18.1.1.

Avec les exceptions indiquées en 18.1.2, tous les essais indiqués en 18.1.1 doivent être effectués successivement sur le même échantillon.

Dans le cas des câbles tripolaires, chaque essai ou chaque mesure doit être effectué sur tous les conducteurs.

17.9.1 Sampling

The sample shall be a piece of completed cable at least 5 m in length between the test terminations.

17.9.2 Procedure

A power frequency voltage shall be applied for 4 h at ambient temperature between each conductor and the metallic layer(s).

17.9.3 Test voltages

The test voltage shall be $4 U_0$. Values of the test voltage for the standard rated voltages are given in table 13.

Table 13 – Sample test voltages

Rated voltage U_0	kV	6	8,7	12	18
Test voltage	kV	24	35	48	72

The test voltage shall be increased gradually to the specified value and maintained for 4 h.

17.9.4 Requirements

No breakdown of the insulation shall occur.

17.10 Hot set test for EPR, HEPR and XLPE insulations and elastomeric sheaths

17.10.1 Procedure

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with clause 9 of IEC 60811-2-1, employing the conditions given in tables 21 and 22.

17.10.2 Requirements

The test results shall comply with the requirements given in table 21, for EPR, HEPR and XLPE insulations and in table 22 for SE₁ sheaths.

18 Type tests, electrical

18.1 Cables having conductor screens and insulation screens

A sample of completed cable 10 m to 15 m in length shall be subjected to the tests listed in 18.1.1.

With the exception of the provisions of 18.1.2 all the tests listed in 18.1.1 shall be applied successively to the same sample.

In three-core cables, each test or measurement shall be carried out on all cores.

La mesure de la résistivité des écrans semi-conducteurs, indiquée en 18.1.9, doit être effectuée sur un échantillon distinct.

18.1.1 Série d'essais

La série normale d'essais doit être la suivante:

- a) essai de décharges partielles (voir 18.1.3);
- b) essai d'enroulement, suivi d'un essai de décharges partielles (voir 18.1.4);
- c) mesure de $\tan \delta$ (voir 18.1.2 et 18.1.5);
- d) essai de cycles de chauffage, suivi d'un essai de décharges partielles (voir 18.1.6);
- e) essai aux ondes de choc, suivi d'un essai de tension (voir 18.1.7);
- f) essai de tension pendant 4 h (voir 18.1.8).

18.1.2 Dispositions particulières

La mesure de $\tan \delta$ peut être effectuée sur un échantillon distinct de celui utilisé pour la série normale d'essais énumérée en 18.1.1.

La mesure de $\tan \delta$ n'est pas prescrite pour les câbles de tension assignée inférieure à 6/10 (12) kV.

Un nouvel échantillon peut être utilisé pour l'essai f), à condition qu'il ait été préalablement soumis aux essais b) et d) énumérés au 18.1.1.

18.1.3 Essai de décharges partielles

L'essai de décharges partielles doit être effectué conformément à la CEI 60885-2.

L'amplitude des décharges à $1,73 U_0$ doit être mesurée. Cette valeur ne doit pas être supérieure à celles données au tableau 15.

18.1.4 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.

Le diamètre du cylindre d'essai doit être:

- pour les câbles comportant une gaine de plomb ou un ruban disposé longitudinalement avec recouvrement:

$25 (d + D) \pm 5 \%$ pour les câbles unipolaires;

$20 (d + D) \pm 5 \%$ pour les câbles tripolaires;

- pour les autres câbles:

$20 (d + D) \pm 5 \%$ pour les câbles unipolaires;

$15 (d + D) \pm 5 \%$ pour les câbles tripolaires.

où

D est le diamètre externe réel du tronçon de câble, en millimètres, mesuré conformément au 17.8;

d est le diamètre réel de l'âme, en millimètres.

Measurement of resistivity of semi-conducting screens described in 18.1.9 shall be made on a separate sample.

18.1.1 *Sequence of tests*

The normal sequence of tests shall be:

- a) partial discharge test (see 18.1.3);
- b) bending test, followed by a partial discharge test (see 18.1.4);
- c) $\tan \delta$ measurement (see 18.1.2 and 18.1.5);
- d) heating cycle test, followed by a partial discharge test (see 18.1.6);
- e) impulse test, followed by a voltage test (see 18.1.7);
- f) voltage test for 4 h (see 18.1.8).

18.1.2 *Special provisions*

Measurement of $\tan \delta$ may be carried out on a different sample from the sample used for the normal sequence of tests listed in 18.1.1.

Measurement of $\tan \delta$ is not required on cables with rated voltage below 6/10 (12) kV.

A new sample may be taken for test f), provided this test sample is submitted previously to tests b) and d) listed in 18.1.1.

18.1.3 *Partial discharge test*

The partial discharge test shall be carried out as described in IEC 60885-2.

The magnitude of the discharge at $1.73 U_0$ shall be measured. This value shall not be higher than those given in table 15.

18.1.4 *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 operation shall be carried out three times.

The diameter of the test cylinder shall be:

- for cables with a lead sheath or with an overlapped metal foil longitudinally applied:
 - 25 $(d + D) \pm 5 \%$ for single-core cables;
 - 20 $(d + D) \pm 5 \%$ for three-core cables;
- for other cables:
 - 20 $(d + D) \pm 5 \%$ for single-core cables;
 - 15 $(d + D) \pm 5 \%$ for three-core cables.

where

D is the actual external diameter of the cable sample, in millimetres, measured according to 17.8;

d is the actual diameter of the conductor, in millimetres.

Si le conducteur n'est pas circulaire:

$$d = 1,13 \sqrt{S}$$

où S est la section nominale, en millimètres carrés.

A l'issue de cet essai, l'échantillon doit être soumis à un essai de décharges partielles et doit satisfaire aux prescriptions données en 18.1.3.

18.1.5 *Mesure de $\tan \delta$ pour les câbles de tension assignée supérieure ou égale à 6/10 (12) kV*

L'échantillon de câble complet doit être chauffé selon l'une des méthodes suivantes: l'échantillon doit être placé soit dans une cuve de liquide, soit dans une étuve, soit chauffé par un courant circulant dans l'écran métallique ou dans l'âme, ou dans les deux.

L'échantillon doit être chauffé jusqu'à ce que l'âme atteigne une température dépassant de 5 °C à 10 °C la température maximale de l'âme en service normal.

Pour chaque méthode, la température de l'âme doit être déterminée soit en mesurant la résistance de l'âme, soit à l'aide d'un dispositif de mesure de température approprié placé dans le bain ou dans l'étuve, ou à la surface de l'écran, ou sur un câble de référence chauffé de façon identique.

La $\tan \delta$ doit être mesurée sous une tension alternative d'au moins 2 kV à la température spécifiée ci-dessus.

Les valeurs mesurées ne doivent pas être supérieures à celles données au tableau 15.

18.1.6 *Essai de cycles de chauffage*

L'échantillon ayant subi les essais précédents est disposé sur le sol de la salle d'essais, et on le chauffe en faisant passer un courant dans l'âme, jusqu'à ce que celle-ci atteigne une température constante dépassant de 5 °C à 10 °C la température maximale de l'âme en service normal.

Pour les câbles tripolaires, le courant de chauffage doit être appliqué à toutes les âmes.

Le cycle de chauffage doit durer 8 h. La température de l'âme doit être maintenue entre les limites prescrites pendant au moins 2 h de chaque période de chauffage. On laisse ensuite l'échantillon refroidir naturellement à l'air pendant au moins 3 h.

Ce cycle doit être réalisé trois fois.

A l'issue du troisième cycle, l'échantillon doit être soumis à un essai de décharges partielles et doit satisfaire aux prescriptions indiquées en 18.1.3.

18.1.7 *Essai aux ondes de choc suivi d'un essai de tension*

Cet essai doit être effectué sur l'échantillon dont l'âme est portée à une température dépassant de 5 °C à 10 °C 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 et avoir une valeur de crête indiquée au tableau 14.

If the conductor is not circular:

$$d = 1,13 \sqrt{S}$$

where S is the nominal cross-section, in square millimetres.

On completion of this test, the sample shall be subjected to a partial discharge test and shall comply with the requirements given in 18.1.3.

18.1.5 *Tan δ measurement for cables of rated voltage 6/10 (12) kV and above*

The sample of completed cable shall be heated by one of the following methods: the sample shall be placed either in a tank of liquid or in an oven, or a heating current shall be passed through either the metallic screen or the conductor or both.

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

In each method, the temperature of the conductor shall be determined either by measuring the conductor resistance or by a suitable temperature measuring device in the bath or oven or on the surface of the screen or on an identically heated reference cable.

The tan δ shall be measured with an alternating voltage of at least 2 kV at the temperature specified above.

The measured values shall not be higher than those given in table 15.

18.1.6 *Heating cycle test*

The sample, which has been subjected to the previous tests, shall be laid out on the floor of the test room and heated by passing a current through the conductor, until the conductor reaches a steady temperature 5 °C to 10 °C above the maximum conductor temperature in normal operation.

For three-core cables, the heating current shall be passed through all conductors.

The heating cycle shall be of 8 h duration. 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 3 h of natural cooling in air.

This cycle shall be carried out three times.

After the third cycle, the sample shall be subjected to a partial discharge test and shall comply with the requirements given in 18.1.3.

18.1.7 *Impulse test followed by a voltage test*

This 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 and shall have a peak value as given in table 14.

Tableau 14 – Tensions d'essai aux ondes de choc

Tension assignée U_0/U (U_m)	kV	3,6/6 (7,2)	6/10 (12)	8,7/15 (17,5)	12/20 (24)	18/30 (36)
Tension d'essai (crête)	kV	60	75	95	125	170

Chaque conducteur du câble doit résister sans perforation à 10 chocs positifs et 10 chocs négatifs.

Après l'essai aux ondes de choc, on soumet chaque conducteur de l'échantillon de câble à un essai de tension à fréquence industrielle à la température ambiante, pendant 15 min. La valeur de la tension d'essai est indiquée au tableau 11. Il ne doit pas se produire de perforation de l'enveloppe isolante.

18.1.8 Essai de tension pendant 4 h

Cet essai doit être effectué à la température ambiante. On applique à l'échantillon une tension à fréquence industrielle pendant 4 h, entre l'âme ou les âmes et le ou les écrans.

La tension d'essai doit être égale à $4 U_0$. Elle doit être portée graduellement jusqu'à la valeur spécifiée. Il ne doit pas se produire de perforation de l'enveloppe isolante.

18.1.9 Résistivité des écrans semi-conducteurs

La résistivité des écrans semi-conducteurs extrudés appliqués sur l'âme et sur l'enveloppe isolante, doit être déterminée par des mesures sur des éprouvettes prélevées sur le conducteur d'un échantillon de câble en l'état de livraison, et d'un échantillon de câble ayant subi l'essai de vieillissement spécifié en 19.5, destiné à vérifier la compatibilité des matériaux constitutifs.

18.1.9.1 Mode opératoire

Le mode opératoire doit être conforme à l'annexe C.

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

18.1.9.2 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: $500\ \Omega \cdot m$.

18.2 Câbles de tension assignée 3,6/6 (7,2) kV sans écran sur enveloppe isolante

Chaque conducteur d'un échantillon de câble complet, de 10 m à 15 m de longueur, est soumis aux essais suivants effectués dans l'ordre:

- a) mesure de la résistance d'isolement à la température ambiante (voir 18.2.1);
- b) mesure de la résistance d'isolement à la température maximale de l'âme en service normal (voir 18.2.2);
- c) essai de tension pendant 4 h (voir 18.2.3).

Table 14 – Impulse voltages

Rated voltage U_0/U (U_m)	kV	3,6/6 (7,2)	6/10 (12)	8,7/15 (17,5)	12/20 (24)	18/30 (36)
Test voltage (peak)	kV	60	75	95	125	170

Each core of the cable shall withstand without failure 10 positive and 10 negative voltage impulses.

After the impulse test each core of the cable sample shall be subjected, at ambient temperature, to a power frequency voltage test for 15 min. The test voltage shall be as specified in table 11. No breakdown of the insulation shall occur.

18.1.8 Voltage test for 4 h

This test shall be made at ambient temperature. A power frequency voltage shall be applied for 4 h to the sample between conductor(s) and screen(s).

The test voltage shall be $4 U_0$. The voltage shall be increased gradually to the specified value. No breakdown of the insulation shall occur.

18.1.9 Resistivity of semi-conducting screens

The resistivity of the 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 made and a sample of cable, which has been subjected to the ageing treatment to test the compatibility of component materials specified in 19.5.

18.1.9.1 Procedure

The test procedure shall be in accordance with annex C.

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

18.1.9.2 Requirements

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

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

18.2 Cables of rated voltage 3,6/6 (7,2) kV having unscreened insulation

Each core of a sample of completed cable 10 m to 15 m in length shall be subjected to the following tests, applied successively:

- a) insulation resistance measurement at ambient temperature (see 18.2.1);
- b) insulation resistance measurement at maximum conductor temperature in normal operation (see 18.2.2);
- c) voltage test for 4 h (see 18.2.3).

Les câbles doivent en outre être soumis à un essai aux ondes de choc sur un échantillon de câble complet distinct, de 10 m à 15 m de longueur (voir 18.2.4).

18.2.1 *Mesure de la résistance d'isolement à la température ambiante*

18.2.1.1 *Mode opératoire*

Cet essai doit être effectué sur la longueur de l'échantillon avant tout autre essai électrique.

Tous les revêtements extérieurs doivent être ôtés, puis les conducteurs isolés sont immergés dans de l'eau à la température ambiante, pendant au moins 1 h avant l'essai.

La tension continue d'essai doit être comprise entre 80 V et 500 V et être appliquée pendant une durée suffisante, égale à 1 min au moins et à 5 min au plus, afin d'obtenir une lecture stable.

La mesure doit être faite entre chaque âme et l'eau.

Si nécessaire, la mesure peut être confirmée à $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$.

18.2.1.2 *Calculs*

La résistivité transversale doit être calculée, en partant de la valeur mesurée de la résistance d'isolement, par la formule suivante:

$$\rho = \frac{2 \times \pi \times l \times R}{\ln \frac{D}{d}}$$

où

ρ est la résistivité transversale, en ohms · centimètres;

R est la résistance d'isolement mesurée, en ohms;

l est la longueur du câble, en centimètres;

D est le diamètre extérieur de l'enveloppe isolante, en millimètres;

d est le diamètre intérieur de l'enveloppe isolante, en millimètres.

On peut aussi calculer la « constante d'isolement K_i », exprimée en mégohms · kilomètres, au moyen de la formule suivante:

$$K_i = \frac{l \times R \times 10^{-11}}{\lg \frac{D}{d}} = 10^{-11} \times 0,367 \times \rho$$

NOTE – Pour les conducteurs à âmes sectoriales, le rapport D/d est le rapport du périmètre de l'enveloppe isolante à celui de l'âme.

18.2.1.3 *Prescriptions*

Les valeurs calculées à partir des mesures effectuées ne doivent pas être inférieures à celles indiquées dans le tableau 15.

18.2.2 *Mesure de la résistance d'isolement à la température maximale de l'âme*

18.2.2.1 *Mode opératoire*

Les conducteurs de l'échantillon de câble doivent être immergés dans de l'eau à la température maximale de l'âme en service normal, à $\pm 2 ^\circ\text{C}$ près, pendant au moins 1 h avant l'essai.

The cables shall also be subjected to an impulse test on a separate sample of completed cable, 10 m to 15 m in length (see 18.2.4).

18.2.1 *Insulation resistance measurement at ambient temperature*

18.2.1.1 *Procedure*

This test shall be made on the sample length before any other electrical test.

All outer coverings shall be removed and the cores shall be immersed in water at ambient temperature for at least 1 h before the test.

The d.c. test voltage shall be 80 V to 500 V and shall be applied for a sufficient time to reach reasonably steady measurement, but for not less than 1 min and not more than 5 min.

The measurement shall be made between each conductor and the water.

If requested, measurement may be confirmed at a temperature of $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$.

18.2.1.2 *Calculations*

The volume resistivity shall be calculated from the measured insulation resistance by the following formula:

$$\rho = \frac{2 \times \pi \times l \times R}{\ln \frac{D}{d}}$$

where

ρ is the volume resistivity, in ohms · centimetres;

R is the measured insulation resistance, in ohms;

l is the length of the cable, in centimetres;

D is the outer diameter of the insulation, in millimetres;

d is the inner diameter of the insulation, in millimetres.

The "insulation resistance constant K_i " expressed in megohms · kilometres may also be calculated, using the formula:

$$K_i = \frac{l \times R \times 10^{-11}}{\lg \frac{D}{d}} = 10^{-11} \times 0,367 \times \rho$$

NOTE – For the cores of shaped conductors, the ratio D/d is the ratio of the perimeter over the insulation to the perimeter over the conductor.

18.2.1.3 *Requirements*

The values calculated from the measurements shall be not less than those specified in table 15.

18.2.2 *Insulation resistance measurement at maximum conductor temperature*

18.2.2.1 *Procedure*

The cores of the cable sample shall be immersed in water at a temperature within $\pm 2^\circ\text{C}$ of the maximum conductor temperature in normal operation for at least 1 h before the test.

La tension continue d'essai doit être comprise entre 80 V et 500 V et être appliquée pendant une durée suffisante, égale à 1 min au moins et à 5 min au plus, afin d'obtenir une lecture stable.

La mesure doit être faite entre chaque âme et l'eau.

18.2.2.2 *Calculs*

La résistivité transversale et/ou la constante d'isolement doivent être calculées à partir de la résistance d'isolement par les formules données au 18.2.1.2.

18.2.2.3 *Prescriptions*

Les valeurs calculées à partir des mesures effectuées ne doivent pas être inférieures à celles indiquées dans le tableau 15.

18.2.3 *Essai de tension pendant 4 h*

18.2.3.1 *Mode opératoire*

Les conducteurs de l'échantillon de câble doivent être immergés dans de l'eau à la température ambiante pendant au moins 1 h.

Une tension d'essai à fréquence industrielle égale à $4 U_0$ est ensuite appliquée progressivement entre chaque âme et l'eau, et maintenue pendant 4 h.

18.2.3.2 *Prescriptions*

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

18.2.4 *Essai aux ondes de choc*

18.2.4.1 *Mode opératoire*

Cet essai est réalisé sur un échantillon à une température d'âme supérieure de 5 °C à 10 °C à 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 et avoir une valeur de crête de 60 kV.

Chaque série de chocs doit être appliquée successivement entre chaque conducteur de phase et tous les autres conducteurs reliés entre eux et à la terre.

18.2.4.2 *Prescriptions*

Chaque conducteur du câble doit résister, sans perforation, à 10 chocs positifs et 10 chocs négatifs.

19 **Essais de type non électriques**

Les essais de type non électriques prescrits par cette norme sont indiqués dans le tableau 16.

19.1 *Mesure de l'épaisseur de l'enveloppe isolante*

19.1.1 *Echantillonnage*

On prélève un échantillon sur chaque conducteur.

The d.c. test voltage shall be 80 V to 500 V and shall be applied for a sufficient time to reach reasonably steady measurement, but for not less than 1 min and not more than 5 min.

The measurement shall be made between each conductor and the water.

18.2.2.2 *Calculations*

The volume resistivity and/or the insulation resistance constant shall be calculated from the insulation resistance by the formulae given in 18.2.1.2.

18.2.2.3 *Requirements*

The values calculated from the measurements shall be not less than those specified in table 15.

18.2.3 *Voltage test for 4 h*

18.2.3.1 *Procedure*

The cores of the cable sample shall be immersed in water at ambient temperature for at least 1 h.

A power frequency voltage equal to $4 U_0$ shall then be gradually applied and maintained continuously for 4 h between each conductor and the water.

18.2.3.2 *Requirements*

No breakdown of the insulation shall occur.

18.2.4 *Impulse test*

18.2.4.1 *Procedure*

This 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 and shall have a peak value of 60 kV.

Each series of impulses shall be applied in turn between each phase conductor and all the other conductors connected together and to earth.

18.2.4.2 *Requirements*

Each core of the cable shall withstand without failure 10 positive and 10 negative voltage impulses.

19 **Type tests, non-electrical**

The non-electrical type tests required by this standard are given in table 16.

19.1 *Measurement of thickness of insulation*

19.1.1 *Sampling*

One sample shall be taken from each insulated cable core.

19.1.2 *Mode opératoire*

Le mode opératoire doit être celui du 8.1 de la CEI 60811-1-1.

19.1.3 *Prescriptions*

Voir 17.5.2.

19.2 *Mesure de l'épaisseur des gaines non métalliques (y compris les gaines de séparation extrudées, mais à l'exclusion des revêtements internes)*

19.2.1 *Echantillonnage*

On prélève un seul échantillon de câble.

19.2.2 *Mode opératoire*

Le mode opératoire doit être celui du 8.2 de la CEI 60811-1-1.

19.2.3 *Prescriptions*

Voir 17.5.3.

19.3 *Essais de détermination des propriétés mécaniques des enveloppes isolantes avant et après vieillissement*

19.3.1 *Echantillonnage*

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

19.3.2 *Vieillissement*

Le vieillissement doit être effectué conformément au 8.1 de la CEI 60811-1-2, dans les conditions spécifiées au tableau 17.

19.3.3 *Conditionnement et essais mécaniques*

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

19.3.4 *Prescriptions*

Les résultats des essais sur les éprouvettes vieilles et non vieilles doivent satisfaire aux prescriptions du tableau 17.

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

19.4.1 *Echantillonnage*

L'échantillonnage et sa préparation doivent être effectués conformément au 9.2 de la CEI 60811-1-1.

19.4.2 *Vieillissement*

Le vieillissement des éprouvettes doit être effectué conformément au 8.1 de la CEI 60811-1-2, dans les conditions spécifiées au tableau 18.

19.1.2 Procedure

The measurements shall be made as described in 8.1 of IEC 60811-1-1.

19.1.3 Requirements

See 17.5.2.

19.2 *Measurement of thickness of non-metallic sheaths (including extruded separation sheaths, but excluding inner coverings)*

19.2.1 Sampling

One sample of cable shall be taken.

19.2.2 Procedure

The measurements shall be made as described in 8.2 of IEC 60811-1-1.

19.2.3 Requirements

See 17.5.3.

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

19.3.1 Sampling

Sampling and the preparation of the test pieces shall be carried out as described in 9.1 of IEC 60811-1-1.

19.3.2 Ageing treatments

The ageing treatments shall be carried out as described in 8.1 of IEC 60811-1-2 under the conditions specified in table 17.

19.3.3 Conditioning and mechanical tests

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

19.3.4 Requirements

The test results for unaged and aged test pieces shall comply with the requirements given in table 17.

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

19.4.1 Sampling

Sampling and the preparation of the test pieces shall be carried out as described in 9.2 of IEC 60811-1-1.

19.4.2 Ageing treatments

The ageing treatments shall be carried out as described in 8.1 of IEC 60811-1-2, under the conditions specified in table 18.

19.4.3 Conditionnement et essais mécaniques

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

19.4.4 Prescriptions

Les résultats des essais sur les éprouvettes vieilles et non vieilles doivent satisfaire aux prescriptions du tableau 18.

19.5 Essai additionnel de vieillissement sur tronçons de câbles complets

19.5.1 Généralités

Le but de cet essai est de vérifier que l'enveloppe isolante et les gaines non métalliques ne sont pas susceptibles de se détériorer en service du fait du contact avec les autres constituants du câble.

Cet essai est applicable à tous les modèles de câbles.

19.5.2 Echantillonnage

Les échantillons sont prélevés sur le câble complet comme indiqué en 8.1.4 de la CEI 60811-1-2.

19.5.3 Vieillissement

Le vieillissement des échantillons de câble doit être effectué dans une étuve à air, conformément au 8.1.4 de la CEI 60811-1-2, et en adoptant 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 17);
- durée: 7×24 h.

19.5.4 Essais mécaniques

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

19.5.5 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 sans vieillissement (voir 19.3 et 19.4), ne doivent pas excéder les valeurs imposées après vieillissement en étuve à air, spécifiées dans le tableau 17 pour les enveloppes isolantes et dans le tableau 18 pour les gaines non métalliques.

19.6 Essai de perte de masse des gaines en PVC du type ST_2

19.6.1 Mode opératoire

L'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes au 8.2 de la CEI 60811-3-2.

19.6.2 Prescriptions

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions indiquées dans le tableau 19.

19.4.3 *Conditioning and mechanical tests*

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

19.4.4 *Requirements*

The test results for unaged and aged test pieces shall comply with the requirements given in table 18.

19.5 *Additional ageing test on pieces of completed cables*

19.5.1 *General*

This test is intended to check that the insulation and non-metallic sheaths are not liable to deteriorate in operation due to contact with other components in the cable.

The test is applicable to cables of all types.

19.5.2 *Sampling*

Samples shall be taken from the completed cable as described in 8.1.4 of IEC 60811-1-2.

19.5.3 *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 17);
- duration: 7 ± 24 h

19.5.4 *Mechanical tests*

Test pieces of insulation and oversheath 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.

19.5.5 *Requirements*

The variations between the median values of tensile strength and elongation-at-break after ageing and the corresponding values obtained without ageing (see 19.3 and 19.4) shall not exceed the values applying to the test after ageing in an air oven specified in table 17 for insulations and table 18 for non-metallic sheaths.

19.6 *Loss of mass test on PVC sheaths of type ST₂*

19.6.1 *Procedure*

The sampling and test procedure shall be in accordance with 8.2 of IEC 60811-3-2.

19.6.2 *Requirements*

The test results shall comply with the requirements given in table 19.

19.7 *Essai de pression à température élevée des enveloppes isolantes et des gaines non métalliques*

19.7.1 *Mode opératoire*

L'essai de pression à température élevée doit être effectué conformément à l'article 8 de la CEI 60811-3-1, dans les conditions indiquées dans la méthode d'essai et dans les tableaux 19 et 20.

19.7.2 *Prescriptions*

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions indiquées dans l'article 8 de la CEI 60811-3-1.

19.8 *Essai à basse température de l'enveloppe isolante en PVC et des gaines en PVC*

19.8.1 *Mode opératoire*

L'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes à l'article 8 de la CEI 60811-1-4, avec les températures d'essai spécifiées dans le tableau 19.

19.8.2 *Prescriptions*

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

19.9 *Essai de résistance à la fissuration de l'enveloppe isolante en PVC et des gaines en PVC (essai de choc thermique)*

19.9.1 *Mode opératoire*

L'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes à l'article 9 de la CEI 60811-3-1, la température d'essai et la durée étant indiquées dans le tableau 19.

19.9.2 *Prescriptions*

Les résultats des essais doivent satisfaire aux prescriptions de l'article 9 de la CEI 60811-3-1.

19.10 *Essai de résistance à l'ozone des enveloppes isolantes en EPR et en HEPR*

19.10.1 *Mode opératoire*

L'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes à l'article 8 de la CEI 60811-2-1. La concentration en ozone et la durée d'essai sont indiquées dans le tableau 21.

19.10.2 *Prescriptions*

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

19.11 *Essai d'allongement à chaud des enveloppes isolantes en EPR, HEPR et PR et des gaines en matériau élastomérique*

L'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes aux prescriptions du 17.10.

19.12 *Essai de résistance à l'huile minérale des gaines en matériau élastomérique*

19.12.1 *Mode opératoire*

L'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes à l'article 10 de la CEI 60811-2-1 en prenant les conditions d'essai indiquées dans le tableau 22.

19.7 *Pressure test at high temperature on insulations and non-metallic sheaths*

19.7.1 *Procedure*

The pressure test at high temperature shall be carried out in accordance with clause 8 of IEC 60811-3-1, employing the test conditions given in the test method and in tables 19 and 20.

19.7.2 *Requirements*

The test results shall comply with the requirements given in clause 8 of IEC 60811-3-1.

19.8 *Test on PVC insulation and sheaths at low temperatures*

19.8.1 *Procedure*

The sampling and test procedures shall be in accordance with clause 8 of IEC 60811-1-4, employing the test temperature specified in table 19.

19.8.2 *Requirements*

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

19.9 *Test for resistance of PVC insulation and sheaths to cracking (heat shock test)*

19.9.1 *Procedure*

The sampling and test procedure shall be in accordance with clause 9 of IEC 60811-3-1, the test temperature and duration being in accordance with table 19.

19.9.2 *Requirements*

The results of the tests shall comply with the requirements given in clause 9 of IEC 60811-3-1.

19.10 *Ozone resistance test for EPR and HEPR insulations*

19.10.1 *Procedure*

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with clause 8 of IEC 60811-2-1. The ozone concentration and test duration shall be in accordance with table 21.

19.10.2 *Requirements*

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

19.11 *Hot set test for EPR, HEPR and XLPE insulations and elastomeric sheaths*

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with 17.10 and shall comply with its requirements.

19.12 *Oil immersion test for elastomeric sheaths*

19.12.1 *Procedure*

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with clause 10 of IEC 60811-2-1 employing the conditions given in table 22.

19.12.2 *Prescriptions*

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions indiquées dans le tableau 22.

19.13 *Essai d'absorption d'eau des enveloppes isolantes*

19.13.1 *Mode opératoire*

L'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes au 9.1 ou au 9.2 de la CEI 60811-1-3, en prenant les conditions d'essai indiquées respectivement dans les tableaux 19 ou 21.

19.13.2 *Prescriptions*

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions données dans les tableaux 19 ou 21.

19.14 *Essai de résistance à la propagation de la flamme*

Cet essai ne s'applique qu'aux câbles ayant une gaine en matériau du type ST₁, ST₂ ou SE₁ et ne doit être effectué que s'il est spécialement prescrit.

La méthode d'essai et les prescriptions doivent être conformes à la CEI 60332-1.

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

19.15.1 *Mode opératoire*

L'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes à l'article 11 de la CEI 60811-4-1.

19.15.2 *Prescriptions*

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions indiquées dans le tableau 20.

19.16 *Essai de rétraction des enveloppes isolantes en PR*

19.16.1 *Mode opératoire*

L'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes à l'article 10 de la CEI 60811-1-3 dans les conditions spécifiées dans le tableau 21.

19.16.2 *Prescriptions*

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions du tableau 21.

19.17 *Essai de stabilité thermique de l'enveloppe isolante en PVC*

19.17.1 *Mode opératoire*

L'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes à l'article 9 de la CEI 60811-3-2, dans les conditions spécifiées au tableau 19.

19.17.2 *Prescriptions*

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions du tableau 19.

19.18 *Détermination de la dureté de l'enveloppe isolante en HEPR*

19.18.1 *Mode opératoire*

L'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes à l'annexe E.

19.12.2 Requirements

The results of the test shall comply with the requirements given in table 22.

19.13 Water absorption test on insulation

19.13.1 Procedure

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with 9.1 or 9.2 of IEC 60811-1-3 employing the conditions specified in tables 19 or 21 respectively.

19.13.2 Requirements

The results of the test shall comply with the requirements specified in tables 19 or 21.

19.14 Flame retardance test

This test is only applicable to cables having sheaths of ST₁, ST₂ or SE₁ compound and shall be carried out on such cables only when specially required.

The test method and requirements shall be those specified in IEC 60332-1.

19.15 Measurement of carbon black content of black PE oversheaths

19.15.1 Procedure

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with clause 11 of IEC 60811-4-1.

19.15.2 Requirements

The results of the test shall comply with the requirements of table 20.

19.16 Shrinkage test for XLPE insulation

19.16.1 Procedure

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with clause 10 of IEC 60811-1-3 under the conditions specified in table 21.

19.16.2 Requirements

The results of the test shall comply with the requirements of table 21.

19.17 Thermal stability test for PVC insulation

19.17.1 Procedure

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with clause 9 of IEC 60811-3-2 under the conditions specified in table 19.

19.17.2 Requirements

The results of the test shall comply with the requirements of table 19.

19.18 Determination of hardness of HEPR insulation

19.18.1 Procedure

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with annex E.

19.18.2 Prescriptions

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions du tableau 21.

19.19 Détermination du module d'élasticité de l'enveloppe isolante en HEPR

19.19.1 Mode opératoire

L'échantillonnage, la préparation des éprouvettes et le mode opératoire doivent être conformes à l'article 9 de la CEI 60811-1-1.

Les charges nécessaires à un allongement de 150 % doivent être mesurées. Les contraintes correspondantes doivent être calculées en divisant les charges mesurées par la section des éprouvettes non étirées. Les rapports entre les contraintes et les déformations sont déterminés pour obtenir les modules d'élasticité correspondant à l'allongement de 150 %.

La valeur médiane constitue le module d'élasticité correspondant.

19.19.2 Prescriptions

Les résultats des essais doivent satisfaire aux prescriptions du tableau 21.

19.20 Essai de rétraction des gaines extérieures en PE

19.20.1 Mode opératoire

L'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes à l'article 11 de la CEI 60811-1-3 dans les conditions spécifiées au tableau 20.

19.20.2 Prescriptions

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions du tableau 20.

19.21 Essai de pelabilité de l'écran sur enveloppe isolante

Cet essai doit être effectué lorsque le fabricant déclare que le semi-conducteur extrudé sur enveloppe isolante est du type pelable.

19.21.1 Mode opératoire

L'essai doit être effectué trois fois, sur des échantillons non vieillis et vieillis, en utilisant soit trois échantillons de câbles distincts, soit un seul échantillon sur lequel l'essai est effectué en trois emplacements à peu près répartis à 120° autour de la circonférence.

Des longueurs de conducteur isolé d'au moins 250 mm de longueur sont prélevées sur le câble en essai, avant et après vieillissement selon le 19.5.3.

D'un bout à l'autre de chaque échantillon, on réalise deux fentes longitudinales dans le semi-conducteur sur enveloppe isolante extrudé, jusqu'à atteindre l'enveloppe isolante. Les deux fentes doivent être parallèles et distantes de (10 ± 1) mm.

Cette bande est ôtée sur une longueur approximative de 50 mm en la tirant dans une direction parallèle au conducteur isolé (à savoir selon un angle de traction d'environ 180°). Puis le conducteur isolé est monté verticalement dans une machine de traction, une extrémité du conducteur isolé étant maintenue dans l'une des mâchoires et la bande de 10 mm dans l'autre.

On mesure la force nécessaire pour séparer la bande de 10 mm de l'enveloppe isolante, sur une longueur d'au moins 100 mm, selon un angle d'environ 180° et à une vitesse de traction de (250 ± 50) mm/min.

19.18.2 Requirements

The results of the test shall comply with the requirements of table 21.

19.19 Determination of the elastic modulus of HEPR insulation

19.19.1 Procedure

Sampling, preparation of the test pieces and the test procedure shall be carried out in accordance with clause 9 of IEC 60811-1-1.

The loads required for 150 % elongation shall be measured. The corresponding stresses shall be calculated by dividing the loads measured by the cross-sectional areas of the unstretched test pieces. The ratios of the stresses to strains shall be determined to obtain the elastic moduli at 150 % elongation.

The elastic modulus shall be the median value.

19.19.2 Requirements

The results of the test shall comply with the requirements of table 21.

19.20 Shrinkage test for PE oversheaths

19.20.1 Procedure

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with clause 11 of IEC 60811-1-3 under the conditions specified in table 20.

19.20.2 Requirements

The results of the test shall comply with the requirements of table 20.

19.21 Strippability test for insulation screen

This test shall be carried out when the manufacturer claims that the extruded semiconducting insulation screen is strippable.

19.21.1 Procedure

The test shall be performed three times on both unaged and aged samples, using either three separate pieces of cable or one piece of cable at three positions around the circumference, spaced at approximately 120°.

Core lengths of at least 250 mm shall be taken from the cable to be tested, before and after being aged according to 19.5.3.

Two cuts shall be made in the extruded semiconducting insulation screen of each sample, longitudinally from end to end and radially down to the insulation, the cuts being (10 ± 1) mm apart and parallel to each other.

After removing approximately 50 mm length of the 10 mm strip by pulling it in a direction parallel to the core (i.e. a stripping angle of approximately 180°), the core shall be mounted vertically in a tensile machine with one end of the core held in one grip and the 10 mm strip in the other.

The force to separate the 10 mm strip from the insulation, removing a length of at least 100 mm, shall be measured at a stripping angle of approximately 180° using a pulling speed of (250 ± 50) mm/min.

L'essai doit être effectué à une température de $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Les valeurs de la force de pelabilité doivent être enregistrées en permanence, pour les échantillons vieillis et non vieillis.

19.21.2 Prescriptions

La force nécessaire pour ôter l'écran semi-conducteur extrudé de l'enveloppe isolante ne doit être ni inférieure à 4 N, ni supérieure à 45 N, avant et après vieillissement.

La surface de l'enveloppe isolante ne doit pas être endommagée et il ne doit subsister aucune trace d'écran semi-conducteur sur l'enveloppe isolante.

19.22 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 prévu pour être réalisé sur les câbles construits pour être utilisés en tant que câbles sous-marins.

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

- a) une barrière est prévue pour empêcher la pénétration longitudinale d'eau au niveau des revêtements métalliques;
- b) une barrière est prévue pour empêcher la pénétration longitudinale d'eau dans l'âme.

L'appareillage, l'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes à l'annexe D.

20 Essais électriques après pose

S'ils sont prescrits, les essais après pose sont effectués lorsque l'installation du câble et de ses accessoires est terminée.

Une tension continue égale à $4 U_0$ doit être appliquée pendant 15 min.

En variante, et selon accord entre l'entrepreneur et l'acheteur, 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 métallique;
- b) essai pendant 24 h à la tension normale de service du réseau.

NOTE – Les essais électriques sur des installations *réparées* sont soumis aux règles d'installation. Les essais ci-dessus concernent uniquement les installations *neuves*.

The test shall be carried out at a temperature of $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

For unaged and aged samples, the stripping force values shall be continuously recorded.

19.21.2 Requirements

The force required to remove the extruded semiconducting screen from the insulation shall be not less than 4 N and not more than 45 N, before and after ageing.

The insulation surface shall not be damaged and no trace of the semiconducting screen shall remain on the insulation.

19.22 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 in the region of the metallic layers;
- b) a barrier is included which prevents longitudinal water penetration along the conductor.

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

20 Electrical tests after installation

Tests after installation are made, if required, when the installation of the cable and its accessories has been completed.

A d.c. voltage equal to $4 U_0$ shall be applied for 15 min.

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

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

NOTE – Electrical tests on *repaired* installations are subject to installation requirements. The tests above are for *new* installations only.

Tableau 15 – Prescriptions pour les essais de type électriques, pour les mélanges isolants

0	1	2	3	4	5
	Désignation des mélanges (voir 4.2)		PVC/B	EPR/ HEPR	PR
	Température maximale de l'âme en service normal (voir 4.2)	°C	70	90	90
1	<i>Résistivité transversale ρ^*</i>				
1a	– à 20 °C (voir 18.2.1)	$\Omega \cdot \text{cm}$	10^{14}	–	–
1b	– à la température maximale de l'âme en service normal (voir 18.2.2)	$\Omega \cdot \text{cm}$	10^{11}	10^{12}	–
2	<i>Constante d'isolement K_i^*</i>				
2a	– à 20 °C (voir 18.2.1)	$\text{M}\Omega \cdot \text{km}$	367	–	–
2b	– à la température maximale de l'âme en service normal (voir 18.2.2)	$\text{M}\Omega \cdot \text{km}$	0,37	3,67	–
3	<i>Tan δ</i> (voir 18.1.5)				
	– tan δ à la température maximale de l'âme en service normal, augmentée de 5 °C à 10 °C	$\times 10^{-4}$	–	400	80
4	<i>Essai de décharges partielles</i> (voir 18.1.3, 18.1.4 et 18.1.6)				
	– décharge maximale à 1,73 U_0	pC	–	5	5
* Pour les câbles sans écran selon les points a) et b) de l'article 7, de tension assignée 3,6/6 (7,2) kV isolés au PVC, à l'EPR et au HEPR.					

Table 15 – Electrical type test requirements for insulating compounds

0	1	2	3	4	5
	Designation of compounds (see 4.2)		PVC/B	EPR/ HEPR	XLPE
	Maximum conductor temperature in normal operation (see 4.2)	°C	70	90	90
1	<i>Volume resistivity ρ^*</i>				
1a	– at 20 °C (see 18.2.1)	$\Omega \cdot \text{cm}$	10^{14}	–	–
1b	– at maximum conductor temperature in normal operation (see 18.2.2)	$\Omega \cdot \text{cm}$	10^{11}	10^{12}	–
2	<i>Insulation resistance constant K_i^*</i>				
2a	– at 20 °C (see 18.2.1)	$\text{M}\Omega \cdot \text{km}$	367	–	–
2b	– at maximum conductor temperature in normal operation (see 18.2.2)	$\text{M}\Omega \cdot \text{km}$	0,37	3,67	–
3	<i>Tan δ</i> (see 18.1.5)				
	– tan δ at maximum conductor temperature in normal operation plus 5 °C up to 10 °C, maximum	$\times 10^{-4}$	–	400	80
4	<i>Partial discharge test</i> (see 18.1.3, 18.1.4 and 18.1.6)				
	– discharge at 1,73 U_0 maximum	pC	–	5	5
* For unscreened cables according to clause 7, items a) and b) of rated voltage 3,6/6 (7,2) kV for PVC, EPR and HEPR insulation.					

(voir les tableaux 17 à 22)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Désignation des mélanges (voir 4.2 et 4.3)	Enveloppes isolantes				Gaines				
		PVC/B	EPR	HEPR	PR	PVC		PE		SE ₁
						ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇	
1	<i>Dimensions</i>									
1a	Mesures des épaisseurs	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2	<i>Propriétés mécaniques</i> (résistance à la traction et allongement à la rupture)									
2a	Sans vieillissement	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2b	Après vieillissement en étuve à air	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2c	Après vieillissement des tronçons de câbles complets	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2d	Après immersion dans l'huile chaude	—	—	—	—	—	—	—	—	x
3	<i>Propriétés thermoplastiques</i>									
3a	Essai de pression à température élevée (pénétration)	x	—	—	—	x	x	—	x	—
3b	Tenue à basse température	x	—	—	—	x	x	—	—	—
4	<i>Divers</i>									
4a	Essai de perte de masse en étuve à air	—	—	—	—	—	x	—	—	—
4b	Essai de chocs thermiques (fissuration)	x	—	—	—	x	x	—	—	—
4c	Essai de résistance à l'ozone	—	x	x	—	—	—	—	—	—
4d	Essai d'allongement à chaud	—	x	x	x	—	—	—	—	x
4e	Essai de non-propagation de la flamme (s'il est demandé)	—	—	—	—	x	x	—	—	x
4f	Essai d'absorption d'eau	x	x	x	x	—	—	—	—	—
4g	Stabilité thermique	x	—	—	—	—	—	—	—	—
4h	Essai de rétraction	—	—	—	x	—	—	x	x	—
4i	Mesure du taux de noir de carbone*	—	—	—	—	—	—	x	x	—
4j	Détermination de la dureté	—	—	x	—	—	—	—	—	—
4k	Détermination du module d'élasticité	—	—	x	—	—	—	—	—	—
4l	Essai de pelabilité**									
4m	Essai de pénétration d'eau***									

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

* Seulement pour les gaines extérieures de couleur noire.

** A appliquer aux technologies de câble pour lesquelles le fabricant déclare que l'écran sur enveloppe isolante est pelable.

*** A appliquer aux technologies de câble pour lesquelles le fabricant déclare avoir prévu des barrières empêchant la pénétration longitudinale de l'eau.

Table 16 – Non-electrical type tests for insulating and sheathing compounds
(see tables 17 to 22)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Designation of compounds (see 4.2 and 4.3)	Insulations				Sheaths				
		PVC/B	EPR	HEPR	XLPE	PVC		PE		SE ₁
						ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇	
1	<i>Dimensions</i>									
1a	Measurements of thicknesses	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2	<i>Mechanical properties</i> (tensile strength and elongation at break)									
2a	Without ageing	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2b	After ageing in air oven	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2c	After ageing of pieces of complete cable	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2d	After immersion in hot oil	—	—	—	—	—	—	—	—	x
3	<i>Thermoplastic properties</i>									
3a	Hot pressure test (indentation)	x	—	—	—	x	x	—	x	—
3b	Behaviour at low temperature	x	—	—	—	x	x	—	—	—
4	<i>Miscellaneous</i>									
4a	Loss of mass in air oven	—	—	—	—	—	x	—	—	—
4b	Heat shock test (cracking)	x	—	—	—	x	x	—	—	—
4c	Ozone resistance test	—	x	x	—	—	—	—	—	—
4d	Hot set test	—	x	x	x	—	—	—	—	x
4e	Flame retardance test (if required)	—	—	—	—	x	x	—	—	x
4f	Water absorption	x	x	x	x	—	—	—	—	—
4g	Thermal stability	x	—	—	—	—	—	—	—	—
4h	Shrinkage test	—	—	—	x	—	—	x	x	—
4i	Carbon black content*	—	—	—	—	—	—	x	x	—
4j	Determination of hardness	—	—	x	—	—	—	—	—	—
4k	Determination of elastic modulus	—	—	x	—	—	—	—	—	—
4l	Strippability test**									
4m	Water penetration test***									

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

* For black oversheaths only.

** To be applied to those designs of cable where the manufacturer claims that the insulation screen is strippable.

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

Table 17 – Test requirements for mechanical characteristics of insulating compounds (before and after ageing)

[illegible]

Tableau 18 – Prescriptions d'essai pour les propriétés mécaniques des mélanges pour gaines (avant et après vieillissement)

0	1	2	3	4	5	6	7
	Désignation des mélanges (voir 4.3)		ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇	SE ₁
	Température maximale de l'âme en service normal (voir 4.3)	°C	80	90	80	90	85
1	<i>Sans vieillissement</i> (CEI 60811-1-1, paragraphe 9.2)						
1.1	Résistance à la traction, minimale	N/mm ²	12,5	12,5	10,0	12,5	10,0
1.2	Allongement à la rupture, minimal	%	150	150	300	300	300
2	<i>Après vieillissement en étuve à air</i> (CEI 60811-1-2, paragraphe 8.1)						
2.1	Traitement:						
	– température (tolérance ±2 °C)	°C	100	100	100	110	100
	– durée	d	7	7	10	14	7
2.2	Résistance à la traction:						
	a) valeur minimale après vieillissement	N/mm ²	12,5	12,5	–	–	–
	b) variation*, maximale	%	±25	±25	–	–	±30
2.3	Allongement à la rupture:						
	a) valeur minimale après vieillissement	%	150	150	300	300	250
	b) variation*, maximale	%	±25	±25	–	–	±40

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

Table 18 – Test requirements for mechanical characteristics of sheathing compounds (before and after ageing)

0	1	2	3	4	5	6	7
	Designation of compounds (see 4.3)		ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇	SE ₁
	Maximum conductor temperature in normal operation (see 4.3)	°C	80	90	80	90	85
1	<i>Without ageing</i> (IEC 60811-1-1, subclause 9.2)						
1.1	Tensile strength, minimum	N/mm ²	12,5	12,5	10,0	12,5	10,0
1.2	Elongation-at-break, minimum	%	150	150	300	300	300
2	<i>After ageing in air oven</i> (IEC 60811-1-2, subclause 8.1)						
2.1	Treatment: – temperature (tolerance ±2 °C) – duration	°C d	100 7	100 7	100 10	110 14	100 7
2.2	Tensile strength: a) value after ageing, minimum b) variation*, maximum	N/mm ² %	12,5 ±25	12,5 ±25	– –	– –	– ±30
2.3	Elongation-at-break: a) value after ageing, minimum b) variation*, maximum	% %	150 ±25	150 ±25	300 –	300 –	250 ±40

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

Tableau 19 – Prescriptions d'essai pour les propriétés particulières des mélanges à base de PVC pour enveloppes isolantes et gaines

0	1	2	3	4	5
	Désignation des mélanges (voir 4.2 et 4.3)		PVC/B	ST ₁	ST ₂
	Emploi du mélange PVC		Enveloppe	Gaine	
1	<i>Perte de masse en étuve à air</i> (CEI 60811-3-2, paragraphe 8.2)				
1.1	Traitement: – température (tolérance ± 2 °C) – durée	°C d	– –	– –	100 7
1.2	Perte de masse maximale	mg/cm ²	–	–	1,5
2	<i>Essai de pression à température élevée</i> (CEI 60811-3-1, article 8)				
2.1	Température (tolérance ± 2 °C)	°C	80	80	90
3	<i>Comportement à basse température*</i> (CEI 60811-1-4, article 8)				
3.1	Essai effectué sans vieillissement préalable: – pliage à froid pour les diamètres de câble – température (tolérance ± 2 °C)	°C	–5	–15	–15
3.2	Elongation à froid sur éprouvettes haltères – température (tolérance ± 2 °C)	°C	–5	–15	–15
3.3	Chocs mécaniques à froid – température (tolérance ± 2 °C)	°C	–	–15	–15
4	<i>Essai de choc thermique</i> (CEI 60811-3-1, article 9)				
4.1	Température (tolérance ± 3 °C)	°C	150	150	150
4.2	Durée	h	1	1	1
5	<i>Stabilité thermique</i> (CEI 60811-3-2, article 9)				
5.1	Température (tolérance $\pm 0,5$ °C)	°C	200	–	–
5.2	Durée minimale	min	100	–	–
6	<i>Absorption d'eau</i> (CEI 60811-1-3, paragraphe 9.1)				
	Méthode électrique:				
6.1	Température (tolérance ± 2 °C)	°C	70	–	–
6.2	Durée	d	10	–	–
* Selon les conditions climatiques, les normes nationales peuvent prescrire une température plus basse.					

Table 19 – Test requirements for particular characteristics for PVC insulating and sheathing compounds

0	1	2	3	4	5
	Designation of compound (see 4.2 and 4.3)		PVC/B	ST ₁	ST ₂
	Use of the PVC compound		Insulation	Sheath	
1	<i>Loss of mass in air oven</i> (IEC 60811-3-2, subclause 8.2)				
1.1	Treatment: – temperature (tolerance ± 2 °C) – duration	°C d	– –	– –	100 7
1.2	Maximum loss of mass	mg/cm ²	–	–	1,5
2	<i>Pressure test at high temperature</i> (IEC 60811-3-1, clause 8)				
2.1	Temperature (tolerance ± 2 °C)	°C	80	80	90
3	<i>Behaviour at low temperature*</i> (IEC 60811-1-4, clause 8)				
3.1	Test to be carried out without previous ageing: – cold bending test for diameter $< 12,5$ mm – temperature (tolerance ± 2 °C)	°C	–5	–15	–15
3.2	Cold elongation test on dumb-bells: – temperature (tolerance ± 2 °C)	°C	–5	–15	–15
3.3	Cold impact test: – temperature (tolerance ± 2 °C)	°C	–	–15	–15
4	<i>Heat shock test</i> (IEC 60811-3-1, clause 9)				
4.1	Temperature (tolerance ± 3 °C)	°C	150	150	150
4.2	Duration	h	1	1	1
5	<i>Thermal stability</i> (IEC 60811-3-2, clause 9)				
5.1	Temperature (tolerance $\pm 0,5$ °C)	°C	200	–	–
5.2	Minimum time	min	100	–	–
6	<i>Water absorption</i> (IEC 60811-1-3, subclause 9.1) Electrical method:				
6.1	Temperature (tolerance ± 2 °C)	°C	70	–	–
6.2	Duration	d	10	–	–
* Due to climatic conditions national standards may require the use of a lower temperature.					

Tableau 20 – Prescriptions d'essai pour les propriétés particulières des mélanges à base de PE (polyéthylène thermoplastique) pour gaines

0	1	2	3	4
	Désignation des mélanges (voir 4.3)		ST ₃	ST ₇
1	<i>Masse volumique*</i> (CEI 60811-1-3, article 8)			
2	<i>Taux de noir de carbone</i> (uniquement pour les gaines extérieures de couleur noire) (CEI 60811-4-1, article 11)			
2.1	Valeur nominale	%	2,5	2,5
2.2	Tolérance	%	±0,5	±0,5
3	<i>Essai de rétraction</i> (CEI 60811-1-3, article 11)			
3.1	Température (tolérance ±2 °C)	°C	80	80
3.2	Durée du chauffage	h	5	5
3.3	Nombre de cycles thermiques		5	5
3.4	Rétraction maximale	%	3	3
4	<i>Essai de pression à température élevée</i> (CEI 60811-3-1, paragraphe 8.2)			
4.1	Température (tolérance ±2 °C)	°C	–	115
* La mesure de la masse volumique n'est prescrite que pour d'autres essais.				

**Table 20 – Test requirements for particular characteristics of PE
(thermoplastic polyethylene) sheathing compounds**

0	1	2	3	4
	Designation of compounds (see 4.3)		ST ₃	ST ₇
1	<i>Density*</i> (IEC 60811-1-3, clause 8)			
2	<i>Carbon black content</i> (for black oversheaths only) (IEC 60811-4-1, clause 11)			
2.1	Nominal value	%	2,5	2,5
2.2	Tolerance	%	±0,5	±0,5
3	<i>Shrinkage test</i> (IEC 60811-1-3, clause 11)			
3.1	Temperature (tolerance ±2 °C)	°C	80	80
3.2	Heating, duration	h	5	5
3.3	Heating cycles		5	5
3.4	Maximum shrinkage	%	3	3
4	<i>Pressure test at high temperature</i> (IEC 60811-3-1, subclause 8.2)			
4.1	Temperature (tolerance ±2 °C)	°C	–	115
* The measurement of density is only required for the purpose of other tests.				

Tableau 21 – Prescriptions d'essai pour les propriétés particulières des divers mélanges réticulés pour enveloppes isolantes

0	1	2	3	4	5
	Désignation des mélanges (voir 4.2)		EPR	HEPR	PR
1	<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	0,025 à 0,030	–
1.2	Durée d'essai sans craquelures	h	24	24	
2	<i>Essai d'allongement à chaud</i> (CEI 60811-2-1, article 9)				
2.1	Traitement:				
	– température de l'air (tolérance ± 3 °C)	°C	250	250	200
	– temps sous charge	min	15	15	15
	– contrainte mécanique	N/cm ²	20	20	20
2.2	Allongement maximal sous charge	%	175	175	175
2.3	Allongement permanent maximal après refroidissement	%	15	15	15
3	<i>Absorption d'eau</i> (CEI 60811-1-3, paragraphe 9.2)				
	Méthode gravimétrique:				
3.1	Température (tolérance ± 2 °C)	°C	85	85	85
3.2	Durée	d	14	14	14
3.3	Augmentation maximale de masse	mg/cm ²	5	5	1*
4	<i>Essai de rétraction</i> (CEI 811-1-3, article 10)				
4.1	Distance <i>L</i> entre repères	mm	–	–	200
4.2	Température (tolérance ± 3 °C)	°C	–	–	130
4.3	Durée	h	–	–	1
4.4	Rétraction maximale	%	–	–	4
5	<i>Détermination de la dureté</i> (voir annexe E)				
5.1	DIDC**, minimum		–	80	–
6	<i>Détermination du module d'élasticité</i> (voir 19.19)				
6.1	Module à 150 % d'allongement, minimal	N/mm ²	–	4,5	–
* Une augmentation supérieure à 1 mg/cm² est à l'étude pour les masses volumiques de PR supérieures à 1 g/cm³. ** DIDC: degrés internationaux de dureté du caoutchouc.					

Table 21 – Test requirements for particular characteristics of various thermosetting insulating compounds

0	1	2	3	4	5
	Designation of compounds (see 4.2)		EPR	HEPR	XLPE
1	<i>Ozone resistance</i> (IEC 60811-2-1, clause 8)				
1.1	Ozone concentration (by volume)	%	0,025 to 0,030	0,025 to 0,030	–
1.2	Test duration without cracks	h	24	24	
2	<i>Hot set test</i> (IEC 60811-2-1, clause 9)				
2.1	Treatment:				
	– air temperature (tolerance ± 3 °C)	°C	250	250	200
	– time under load	min	15	15	15
	– mechanical stress	N/cm ²	20	20	20
2.2	Maximum elongation under load	%	175	175	175
2.3	Maximum permanent elongation after cooling	%	15	15	15
3	<i>Water absorption</i> (IEC 60811-1-3, subclause 9.2) Gravimetric method:				
3.1	Temperature (tolerance ± 2 °C)	°C	85	85	85
3.2	Duration	d	14	14	14
3.3	Maximum increase of mass	mg/cm ²	5	5	1*
4	<i>Shrinkage test</i> (IEC 60811-1-3, clause 10)				
4.1	Distance <i>L</i> between marks	mm	–	–	200
4.2	Temperature (tolerance ± 3 °C)	°C	–	–	130
4.3	Duration	h	–	–	1
4.4	Maximum shrinkage	%	–	–	4
5	<i>Determination of hardness</i> (see annex E)				
5.1	IRHD** minimum		–	80	–
6	<i>Determination of elastic modulus</i> (see 19.19)				
6.1	Modulus at 150 % elongation, minimum	N/mm ²	–	4,5	–
* An increase greater than 1 mg/cm² is being considered for densities of XLPE greater than 1 g/cm³. ** IRHD: international rubber hardness degree.					

Tableau 22 – Prescriptions d'essai pour les propriétés particulières de mélanges élastomériques pour gaines

0	1	2	3
	Désignation du mélange (voir 4.3)		SE ₁
1	<i>Essai d'immersion dans l'huile minérale suivi d'une détermination des propriétés mécaniques</i> (CEI 60811-2-1, article 10 et CEI 60811-1-1, article 9)		
1.1	Traitement: – température de l'huile (tolérance ± 2 °C) – durée	°C h	100 24
1.2	Variation* maximale de: a) résistance à la traction b) allongement à la rupture	% %	± 40 ± 40
2	<i>Essai d'allongement à chaud</i> (CEI 60811-2-1, article 9)		
2.1	Traitement: – température (tolérance ± 3 °C) – temps sous charge – contrainte mécanique	°C min N/cm ²	200 15 20
2.2	Allongement maximal sous charge	%	175
2.3	Allongement permanent maximal après refroidissement	%	15
* Variation: différence entre la valeur médiane obtenue après traitement et la valeur médiane obtenue sans traitement, exprimée en pourcentage de cette dernière.			

Table 22 – Test requirements for particular characteristics of elastomeric sheathing compound

0	1	2	3
	Designation of compound (see 4.3)		SE ₁
1	<i>Oil immersion test followed by a determination of the mechanical properties</i> (IEC 60811-2-1, clause 10 and IEC 60811-1-1, clause 9)		
1.1	Treatment: – oil temperature (tolerance ± 2 °C) – duration	°C h	100 24
1.2	Maximum variation* of: a) tensile strength b) elongation-at-break	% %	± 40 ± 40
2	<i>Hot set test</i> (IEC 60811-2-1, clause 9)		
2.1	Treatment: – temperature (tolerance ± 3 °C) – time under load – mechanical stress	°C min N/cm ²	200 15 20
2.2	Maximum elongation under load	%	175
2.3	Maximum permanent elongation after cooling	%	15
* Variation: difference between the median value obtained after treatment and the median value without treatment, expressed as a percentage of the latter			

Annexe A (normative)

Méthode du calcul fictif pour déterminer les dimensions des revêtements de protection

L'épaisseur des revêtements d'un câble, tels que les gaines et l'armure, a généralement été rapportée aux diamètres nominaux des câbles au moyen de «tableaux-paliers».

Cela pose parfois des problèmes. Les diamètres nominaux calculés ne sont pas nécessairement les mêmes que les valeurs réelles obtenues en fabrication. Dans les cas limites, des problèmes peuvent surgir si l'épaisseur d'un revêtement ne correspond pas au diamètre réel parce que le diamètre calculé est quelque peu différent. Les variations des dimensions des âmes sectoriales produites par divers fabricants ainsi que des méthodes de calculs différentes sont à l'origine de certains écarts dans les diamètres nominaux et peuvent, par conséquent, conduire à des variations de l'épaisseur des revêtements appliqués sur un même type de câble.

Afin d'éviter ces difficultés on doit utiliser la méthode du calcul fictif. Le principe est de ne pas tenir compte de la forme ou du degré de compacité des âmes, et de calculer des diamètres fictifs en utilisant des formules basées sur la section des âmes, l'épaisseur nominale de l'enveloppe isolante et le nombre de conducteurs isolés. On rapporte les épaisseurs de la gaine et des autres revêtements aux diamètres fictifs à l'aide de formules ou de tableaux. On spécifie, avec précision, la méthode de calcul des diamètres fictifs et il ne subsiste aucune ambiguïté quant aux épaisseurs des revêtements à utiliser; celles-ci ne sont pas affectées par de faibles écarts dus aux procédés de fabrication. Cette méthode normalise la constitution des câbles, les épaisseurs étant prédéterminées et spécifiées pour chaque section d'âme.

Le calcul fictif n'est employé que pour déterminer les dimensions des gaines et des revêtements de câbles. Il ne remplace pas le calcul des diamètres réels exigé à des fins pratiques, qu'il convient d'effectuer séparément.

A.1 Généralités

Pour le calcul des épaisseurs des différents revêtements d'un câble, on adopte la méthode du calcul fictif qui suit, afin d'être sûr qu'on élimine toute différence pouvant résulter de calculs indépendants, que par exemple à des hypothèses sur les dimensions d'âmes ou aux écarts inévitables entre les diamètres nominaux et réels.

Toutes les valeurs des épaisseurs et des diamètres doivent être arrondies, conformément aux règles de l'annexe B, à une décimale près.

On ne tient pas compte des rubans de maintien, par exemple les contre-spires sur armure, si elles n'ont pas plus de 0,3 mm d'épaisseur.

A.2 Méthode

A.2.1 Ames conductrices

Pour chaque section nominale, le diamètre fictif d'une âme (d_L) est donné dans le tableau A.1, indépendamment de sa forme ou de sa compacité.

Annex A (normative)

Fictitious calculation method for determination of dimensions of protective coverings

The thickness of cable coverings, such as sheaths and armour, has usually been related to nominal cable diameters by means of "step-tables".

This sometimes causes problems. The calculated nominal diameters are not necessarily the same as the actual values achieved in production. In borderline cases, queries can arise if the thickness of a covering does not correspond to the actual diameter because the calculated diameter is slightly different. Variations in shaped conductor dimensions between manufacturers and different methods of calculation cause differences in nominal diameters and may therefore lead to variations in the thicknesses of coverings used on the same basic design of cable.

To avoid these difficulties, the fictitious calculation method shall be used. The idea is to ignore the shape and degree of compaction of conductors and to calculate fictitious diameters from formulae based on the cross-sectional area of conductors, nominal insulation thickness and number of cores. Thicknesses of sheath and other coverings are then related to the fictitious diameters by formulae or by tables. The method of calculating fictitious diameters is precisely specified and there is no ambiguity about the thicknesses of coverings to be used, which are independent of slight differences in manufacturing practices. This standardizes cable designs, thicknesses being pre-calculated and specified for each conductor cross-section.

The fictitious calculation is used only to determine dimensions of sheaths and cable coverings. It is not a replacement for the calculation of actual diameters required for practical purposes, which should be calculated separately.

A.1 General

The following fictitious method of calculating thicknesses of various coverings in a cable has been adopted to ensure that any differences which can arise in independent calculations, for example due to the assumption of conductor dimensions and the unavoidable differences between nominal and actually achieved diameters, are eliminated.

All thickness values and diameters shall be rounded according to the rules in annex B to the first decimal figure.

Holding strips, for example counter helix over armour, if not thicker than 0,3 mm, are neglected in this calculation method.

A.2 Method

A.2.1 Conductors

The fictitious diameter (d_L) of a conductor, irrespective of shape and compactness, is given for each nominal cross-section in table A.1.

Tableau A.1 – Diamètre fictif des âmes

Section nominale de l'âme mm ²	d_L mm	Section nominale de l'âme mm ²	d_L mm
10	3,6	185	15,3
16	4,5	240	17,5
25	5,6	300	19,5
35	6,7	400	22,6
50	8,0	500	25,2
70	9,4	630	28,3
95	11,0	800	31,9
120	12,4	1 000	35,7
150	13,8		

A.2.2 Conducteurs

Le diamètre fictif D_c d'un conducteur quelconque est donné par:

- a) pour les câbles comportant des conducteurs sans couches semi-conductrices:

$$D_c = d_L + 2 t_i$$

- b) pour les câbles comportant des conducteurs avec couches semi-conductrices:

$$D_c = d_L + 2 t_i + 3,0$$

où t_i est l'épaisseur nominale de l'enveloppe isolante, en millimètres (voir tableaux 5 à 7).

Si un écran métallique ou une âme concentrique est utilisée, un ajout doit être fait conformément au A.2.5.

A.2.3 Diamètre sur conducteurs assemblés

Le diamètre fictif sur conducteurs assemblés (D_f) est donné par:

$$D_f = k D_c$$

où le coefficient d'assemblage k vaut 2,16 pour les câbles tripolaires.

A.2.4 Revêtements internes

Le diamètre fictif pris sur le revêtement interne (D_B) est donné par:

$$D_B = D_f + 2 t_B$$

où

$t_B = 0,4$ mm pour les diamètres fictifs sur assemblage (D_f) inférieurs ou égaux à 40 mm;

$t_B = 0,6$ mm pour D_f supérieurs à 40 mm.

Table A.1 – Fictitious diameter of conductor

Nominal cross-section of conductor mm ²	d_L mm	Nominal cross-section of conductor mm ²	d_L mm
10	3,6	185	15,3
16	4,5	240	17,5
25	5,6	300	19,5
35	6,7	400	22,6
50	8,0	500	25,2
70	9,4	630	28,3
95	11,0	800	31,9
120	12,4	1 000	35,7
150	13,8		

A.2.2 Cores

The fictitious diameter D_c of any core is given by:

- a) for cables having cores without semi-conducting layers:

$$D_c = d_L + 2 t_i$$

- b) for cables having cores with semi-conducting layers:

$$D_c = d_L + 2 t_i + 3,0$$

where t_i is the nominal thickness of insulation, in millimetres (see tables 5 to 7).

If a metallic screen or a concentric conductor is applied, a further addition shall be made in accordance with A.2.5.

A.2.3 Diameter over laid-up cores

The fictitious diameter over laid-up cores (D_f) is given by:

$$D_f = k D_c$$

where the assembly coefficient k is 2,16 for a three-core cable.

A.2.4 Inner coverings

The fictitious diameter over the inner covering (D_B) is given by:

$$D_B = D_f + 2 t_B$$

where

$t_B = 0,4$ mm for fictitious diameters over laid-up cores (D_f) up to and including 40 mm;

$t_B = 0,6$ mm for D_f exceeding 40 mm.

Ces valeurs fictives t_B sont adoptées:

a) pour les câbles tripolaires:

- qu'un revêtement interne soit appliqué ou non;
- que ce revêtement interne soit extrudé ou rubané;

à moins qu'une gaine de séparation conforme au 13.3.3 ne soit utilisée à la place ou en plus du revêtement interne, lorsque A.2.7 est applicable;

b) pour les câbles unipolaires:

quand un revêtement interne est appliqué, qu'il soit extrudé ou rubané.

A.2.5 Âmes concentriques et écrans métalliques

L'augmentation de diamètre causée par l'âme concentrique ou par l'écran métallique est donnée dans le tableau A.2.

Tableau A.2 – Augmentation de diamètre pour les âmes concentriques et les écrans métalliques

Section nominale de l'âme concentrique ou de l'écran métallique mm ²	Augmentation de diamètre mm	Section nominale de l'âme concentrique ou de l'écran métallique mm ²	Augmentation de diamètre mm
1,5	0,5	50	1,7
2,5	0,5	70	2,0
4	0,5	95	2,4
6	0,6	120	2,7
10	0,8	150	3,0
16	1,1	185	4,0
25	1,2	240	5,0
35	1,4	300	6,0

Si la section de l'âme concentrique ou de l'écran métallique tombe entre deux valeurs du tableau ci-dessus, l'augmentation de diamètre est celle qui est donnée pour la plus grande des deux valeurs.

Si un écran métallique est appliqué, la section d'écran à utiliser dans le tableau ci-dessus doit être calculée de la façon suivante:

a) écran rubané:

$$\text{section} = n_t \times t_t \times w_t$$

où

n_t est le nombre de rubans;

t_t est l'épaisseur nominale d'un ruban individuel, en millimètres;

w_t est la largeur nominale d'un ruban individuel, en millimètres.

These fictitious values for t_B apply to:

a) three-core cables:

- whether an inner covering is applied or not;
- whether the inner covering is extruded or lapped;

unless a separation sheath complying with 13.3.3 is used in place of or in addition to the inner covering, when A.2.7 applies instead;

b) single-core cables:

when an inner covering is applied whether it is extruded or lapped.

A.2.5 Concentric conductors and metallic screens

The increase in diameter due to the concentric conductor or metallic screen is given in table A.2.

Table A.2 – Increase of diameter for concentric conductors and metallic screens

Nominal cross-section of concentric conductor or metallic screen mm ²	Increase in diameter mm	Nominal cross-section of concentric conductor or metallic screen mm ²	Increase in diameter mm
1,5	0,5	50	1,7
2,5	0,5	70	2,0
4	0,5	95	2,4
6	0,6	120	2,7
10	0,8	150	3,0
16	1,1	185	4,0
25	1,2	240	5,0
35	1,4	300	6,0

If the cross-section of the concentric conductor or metallic screen lies between two of the values given in the table above, then the increase in diameter is that given for the larger of the two cross-sections.

If a metallic screen is applied, the cross-sectional area of the screen to be used in the table above shall be calculated in the following manner:

a) tape screen

$$\text{cross-sectional area} = n_t \times t_t \times w_t$$

where

n_t is the number of tapes;

t_t is the nominal thickness of an individual tape, in millimetres;

w_t is the nominal width of an individual tape, in millimetres.

Si l'épaisseur totale de l'écran est inférieure à 0,15 mm, l'augmentation de diamètre est prise égale à zéro:

- pour un écran rubané en hélice constitué soit de deux rubans, soit d'un ruban posé à recouvrement, l'épaisseur totale est prise égale à deux fois l'épaisseur d'un ruban;
- pour un écran disposé dans le sens longitudinal:
 - si le recouvrement est inférieur à 30 %, l'épaisseur est prise égale à l'épaisseur du ruban;
 - si le recouvrement est supérieur ou égal à 30 %, l'épaisseur est prise égale à deux fois l'épaisseur du ruban.

b) écran en fils (avec contre-spire éventuelle):

$$\text{section} = \frac{n_w \times d_w^2 \times \pi}{4} + n_h \times t_h \times w_h$$

où

n_w est le nombre de fils;

d_w est le diamètre d'un fil individuel, en millimètres;

n_h est le nombre de contre-spires;

t_h est l'épaisseur d'une contre-spire, en millimètres, si elle est supérieure à 0,3 mm;

w_h est la largeur d'une contre-spire, en millimètres.

A.2.6 Gaine de plomb

Le diamètre fictif sur la gaine de plomb (D_{pb}) est donné par:

$$D_{pb} = D_g + 2 t_{pb}$$

où

D_g est le diamètre fictif sous la gaine de plomb, en millimètres;

t_{pb} est l'épaisseur calculée conformément au 12.1, en millimètres.

A.2.7 Gaine de séparation

Le diamètre fictif sur la gaine de séparation (D_s) est donné par:

$$D_s = D_u + 2 t_s$$

où

D_u est le diamètre fictif sous la gaine de séparation, en millimètres;

t_s est l'épaisseur calculée conformément au 13.3.3, en millimètres.

A.2.8 Matelas rubané

Le diamètre fictif sur le matelas rubané (D_{lb}) est donné par:

$$D_{lb} = D_{ulb} + 2 t_{lb}$$

où

D_{ulb} est le diamètre fictif sous le matelas rubané, en millimètres;

t_{lb} est l'épaisseur du matelas rubané, soit 1,5 mm, conformément au 13.3.4.

Where the total thickness of the screen is less than 0,15 mm then the increase in diameter shall be zero:

- for a lapped tape screen made of either two tapes or one tape with overlap, the total thickness is twice the thickness of one tape;
- for a longitudinally applied tape screen:
 - if the overlap is below 30 %, the total thickness is the thickness of the tape;
 - if the overlap is greater than or equal to 30 %, the total thickness is twice the thickness of the tape.

b) wire screen (with a counter helix, if any)

$$\text{cross-sectional area} = \frac{n_w \times d_w^2 \times \pi}{4} + n_h \times t_h \times w_h$$

where

n_w is the number of wires;

d_w is the diameter of an individual wire, in millimetres;

n_h is the number of a counter helix;

t_h is the thickness of a counter helix, in millimetres, if greater than 0,3 mm;

w_h is the width of a counter helix, in millimetres.

A.2.6 Lead sheath

The fictitious diameter over the lead sheath (D_{pb}) is given by:

$$D_{pb} = D_g + 2 t_{pb}$$

where

D_g is the fictitious diameter under the lead sheath, in millimetres;

t_{pb} is the thickness calculated in accordance with 12.1, in millimetres.

A.2.7 Separation sheath

The fictitious diameter over the separation sheath (D_s) is given by:

$$D_s = D_u + 2 t_s$$

where

D_u is the fictitious diameter under the separation sheath, in millimetres;

t_s is the thickness calculated in accordance with 13.3.3, in millimetres.

A.2.8 Lapped bedding

The fictitious diameter over the lapped bedding (D_{lb}) is given by:

$$D_{lb} = D_{ulb} + 2 t_{lb}$$

where

D_{ulb} is the fictitious diameter under the lapped bedding, in millimetres;

t_{lb} is the thickness of lapped bedding, i.e. 1,5 mm according to 13.3.4.

A.2.9 *Matelas supplémentaire pour les câbles avec armure de rubans (disposé sur le revêtement interne)*

Tableau A.3 – Augmentation de diamètre pour le matelas supplémentaire

Diamètre fictif sous le matelas supplémentaire		Augmentation de diamètre pour le matelas supplémentaire mm
Supérieur à mm	Inférieur ou égal à mm	
– 29	29 –	1,0 1,6

A.2.10 *Armure*

Le diamètre fictif sur armure (D_x) est donné:

- a) pour une armure en fils méplats ou ronds par:

$$D_x = D_A + 2 t_A + 2 t_w$$

où

D_A est le diamètre sous l'armure, en millimètres;

t_A est l'épaisseur ou diamètre des fils de l'armure, en millimètres;

t_w est l'épaisseur de la contre-spire éventuelle, en millimètres, si elle est supérieure à 0,3 mm.

- b) pour une armure constituée de deux rubans par:

$$D_x = D_A + 4 t_A$$

où

D_A est le diamètre sous l'armure, en millimètres;

t_A est l'épaisseur du ruban d'armure, en millimètres.

A.2.9 Additional bedding for tape-armoured cables (provided over the inner covering)

Table A.3 – Increase of diameter for additional bedding

Fictitious diameter under the addition bedding		Increase in diameter for additional bedding mm
Above mm	Up to and including mm	
– 29	29 –	1,0 1,6

A.2.10 Armour

The fictitious diameter over the armour (D_x) is given for:

- a) flat or round wire armour by:

$$D_x = D_A + 2 t_A + 2 t_w$$

where

D_A is the diameter under the armour, in millimetres;

t_A is the thickness or diameter of the armour wire, in millimetres;

t_w is the thickness of the counter helix, if any, in millimetres, if greater than 0,3 mm.

- b) for double-tape armour by:

$$D_x = D_A + 4 t_A$$

where

D_A is the diameter under the armour, in millimetres;

t_A is the thickness of the armour tape, in millimetres.

Annexe B (normative)

Arrondissement des nombres

B.1 Arrondissement des nombres pour l'utilisation de la méthode du calcul fictif

Les règles suivantes s'appliquent à l'arrondissement des nombres lors du calcul fictif des diamètres et de la détermination des dimensions des couches constitutives conformément à l'annexe A.

Quand une valeur calculée à une étape quelconque comporte plus d'une décimale, la valeur doit être arrondie à une décimale, c'est-à-dire à 0,1 mm près. Le diamètre fictif à chaque étape doit être arrondi à 0,1 mm et, s'il est utilisé pour déterminer l'épaisseur ou la dimension de la couche immédiatement supérieure, il doit être arrondi avant d'être introduit dans la formule ou le tableau correspondants. L'épaisseur calculée à partir de la valeur arrondie du diamètre fictif doit à son tour être arrondie à 0,1 mm, comme prescrit dans l'annexe A.

Afin d'illustrer cette règle, les exemples pratiques suivants sont donnés:

- a) quand le chiffre de la deuxième décimale avant arrondissement est 0, 1, 2, 3 ou 4, le chiffre de la première décimale retenue reste inchangé (arrondissement inférieur);

Exemples:

$$\begin{aligned} 2,12 &\approx 2,1 \\ 2,449 &\approx 2,4 \\ 25,0478 &\approx 25,0 \end{aligned}$$

- b) quand le chiffre de la deuxième décimale avant arrondissement est 9, 8, 7, 6 ou 5, le chiffre de la première décimale est augmenté de un (arrondissement supérieur).

Exemples:

$$\begin{aligned} 2,17 &\approx 2,2 \\ 2,453 &\approx 2,5 \\ 30,050 &\approx 30,1 \end{aligned}$$

B.2 Arrondissement des nombres pour d'autres utilisations

Pour les besoins autres que ceux envisagés au B.1, il peut être nécessaire d'arrondir des valeurs à plus d'une décimale. Cela peut se produire, par exemple, lorsqu'on calcule la valeur moyenne de plusieurs résultats de mesure, ou la valeur minimale en appliquant une tolérance en pourcentage sur une valeur nominale donnée. On doit alors arrondir au nombre de décimales spécifié dans les articles correspondants.

La méthode d'arrondissement doit alors être la suivante:

- a) si le dernier chiffre décimal à retenir est suivi, avant arrondissement, de 0, 1, 2, 3 ou 4, ce dernier chiffre reste inchangé (arrondissement inférieur);
- b) si le dernier chiffre décimal à retenir est suivi, avant arrondissement, de 9, 8, 7, 6 ou 5, ce dernier chiffre doit alors être augmenté de un (arrondissement supérieur).

Exemples:

$$\begin{aligned} 2,449 &\approx 2,45 && \text{arrondi à deux décimales} \\ 2,449 &\approx 2,4 && \text{arrondi à une décimale} \\ 25,0478 &\approx 25,048 && \text{arrondi à trois décimales} \\ 25,0478 &\approx 25,05 && \text{arrondi à deux décimales} \\ 25,0478 &\approx 25,0 && \text{arrondi à une décimale} \end{aligned}$$