

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](mailto: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)<sup>1)</sup>*

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*

<sup>1)</sup> 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)<sup>1)</sup>*

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*

<sup>1)</sup> 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:

$U_0/U(U_m) = 3,6/6 (7,2) - 6/10 (12) - 8,7/15 (17,5) - 12/20 (24) - 18/30 (36)$  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<br>du réseau ( $U_m$ )<br><br>kV | Tension assignée ( $U_0$ )<br><br>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> :<br>polychlorure de vinyle pour les câbles de tension assignée $U_0/U = 3,6/6$ kV                                                                  | PVC/B*              |
| b) <i>Réticulé</i> :<br>caoutchouc d'éthylène-propylène ou matériau similaire (EPM ou EPDM)<br>caoutchouc d'éthylène-propylène dur ou à module élevé<br>polyéthylène réticulé | EPR<br>HEPR<br>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<br>°C |                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
|                                                                                                                     | Service normal                      | Court-circuit<br>(durée maximale 5 s) |
| Polychlorure de vinyle (PVC/B)<br>Section d'âme $\leq 300$ mm <sup>2</sup><br>Section d'âme $> 300$ mm <sup>2</sup> | 70<br>70                            | 160<br>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<br>( $U_m$ )<br>kV | Rated voltage ( $U_0$ )<br>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><br>polyvinyl chloride intended for cables with rated voltages $U_0/U = 3,6/6$ kV                                                             | PVC/B*                  |
| b) <i>Thermosetting</i> :<br>ethylene propylene rubber or similar (EPM or EPDM)<br>high modulus or hard grade ethylene propylene rubber<br>cross-linked polyethylene | EPR<br>HEPR<br>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<br>°C |                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|
|                                                                                                                                     | Normal operation                    | Short-circuit<br>(5 s maximum duration) |
| Polyvinyl chloride (PVC/B)<br>Conductor cross-section $\leq 300$ mm <sup>2</sup><br>Conductor cross-section $> 300$ mm <sup>2</sup> | 70<br>70                            | 160<br>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 <sub>1</sub>     | 80                                                 |
|                                                                     | ST <sub>2</sub>     | 90                                                 |
| polyéthylène                                                        | ST <sub>3</sub>     | 80                                                 |
|                                                                     | ST <sub>7</sub>     | 90                                                 |
| b) <i>Elastomère:</i>                                               |                     |                                                    |
| polychloroprène, polyéthylène chlorosulfoné ou polymères similaires | SE <sub>1</sub>     | 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<br>°C |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------|
| a) <i>Thermoplastic:</i>                                           |                         |                                                         |
| polyvinyl chloride (PVC)                                           | ST <sub>1</sub>         | 80                                                      |
|                                                                    | ST <sub>2</sub>         | 90                                                      |
| polyethylene                                                       | ST <sub>3</sub>         | 80                                                      |
|                                                                    | ST <sub>7</sub>         | 90                                                      |
| b) <i>Elastomeric:</i>                                             |                         |                                                         |
| polychloroprene, chlorosulfonated polyethylene or similar polymers | SE <sub>1</sub>         | 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<br><br>mm <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Epaisseur nominale de l'enveloppe isolante<br>à la tension assignée<br>$U_0/U (U_m)$ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 3,6/6 (7,2) kV<br>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<br><br>mm <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Epaisseur nominale de l'enveloppe isolante<br>à la tension assignée<br>$U_0/U (U_m)$ |                    |                        |                     |                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 3,6/6 (7,2) kV<br>mm                                                                 | 6/10 (12) kV<br>mm | 8,7/15 (17,5) kV<br>mm | 12/20 (24) kV<br>mm | 18/30 (36) kV<br>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<br>area of conductor<br><br>mm <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Nominal thickness of insulation<br>at rated voltage<br>$U_0/U (U_m)$ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 3,6/6 (7,2) kV<br>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<br>area of conductor<br><br>mm <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Nominal thickness of insulation<br>at rated voltage<br>$U_0/U (U_m)$ |                    |                        |                     |                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 3,6/6 (7,2) kV<br>mm                                                 | 6/10 (12) kV<br>mm | 8,7/15 (17,5) kV<br>mm | 12/20 (24) kV<br>mm | 18/30 (36) kV<br>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<br>de l'âme<br><br>mm <sup>2</sup> | Epaisseur nominale de l'enveloppe isolante<br>à la tension assignée<br>$U_0/U (U_m)$ |                  |                 |                     |                  |                  |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|---------------------|------------------|------------------|
|                                                     | 3,6/6 (7,2)<br>kV                                                                    |                  | 6/10 (12)<br>kV | 8,7/15 (17,5)<br>kV | 12/20 (24)<br>kV | 18/30 (36)<br>kV |
|                                                     | Sans écran<br>mm                                                                     | Avec écran<br>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<br><br>mm <sup>2</sup> | Nominal thickness of insulation at rated voltage<br>$U_0/U (U_m)$ |                |                 |                     |                  |                  |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|---------------------|------------------|------------------|
|                                                                  | 3,6/6 (7,2)<br>kV                                                 |                | 6/10 (12)<br>kV | 8,7/15 (17,5)<br>kV | 12/20 (24)<br>kV | 18/30 (36)<br>kV |
|                                                                  | Unscreened<br>mm                                                  | Screened<br>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 Épaisseur du revêtement interne extrudé

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

**Tableau 8 – Épaisseur du revêtement interne extrudé**

| Diamètre fictif sur l'assemblage des conducteurs |                        | Épaisseur 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 Épaisseur 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 |                                                           |
| –                                      | 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-hygrosopic 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-hygrosopic 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<br>mm |
|-----------------------------|---------------------------|----------------------------------------|
| Supérieur à<br>mm           | Inférieur ou égal à<br>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<br>mm           | Inférieur ou égal à<br>mm | Acier ou acier galvanisé<br>mm | Aluminium ou alliage d'aluminium<br>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<br>of armour wire<br>mm |
|--------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------|
| Above<br>mm                          | Up to and including<br>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<br>mm                          | Up to and including<br>mm | Steel or galvanized<br>steel<br>mm | Aluminium or<br>aluminium alloy<br>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 matériaux<sup>1)</sup> considérés comme indésirables sont:

|                 |                                                                                            |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>Aldrin</u>   | 1,2,3,4,10,10-hexachloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahydro-1,4,5,8-diméthanonaphtalène               |
| <u>Dieldrin</u> | 1,2,3,4,10,10-hexachloro-6,7-époxy-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-1,4,5,8-diméthanonaphtalène |
| <u>Lindane</u>  | 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).

<sup>1)</sup> Source: *Dangerous properties of industrial materials*, N.I. Sax, fifth edition, Van Nostrand Reinhold, ISBN 0-442-31315-1

### 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 materials<sup>1)</sup> considered to be undesirable are:

|                 |                                                                                             |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>Aldrin</u>   | 1,2,3,4,10,10-hexachloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahydro-1,4,5,8-dimethanonaphthalene               |
| <u>Dieldrin</u> | 1,2,3,4,10,10-hexachloro-6,7-epoxy-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-1,4,5,8-dimethanonaphthalene |
| <u>Lindane</u>  | 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).

<sup>1)</sup> 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  $\mu\text{s}$  et 5  $\mu\text{s}$  et la durée jusqu'à la moitié de la valeur de crête comprise entre 40  $\mu\text{s}$  et 60  $\mu\text{s}$ . 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.