

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC STANDARD

Publication 502

Deuxième édition — Second edition

1978

---

**Câbles de transport d'énergie isolés par diélectriques massifs extrudés  
pour des tensions assignées de 1 kV à 30 kV**

---

**Extruded solid dielectric insulated power cables  
for rated voltages from 1 kV up to 30 kV**

---



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé  
Genève, Suisse

## Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Rapport d'activité de la CEI**  
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement

## Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du V.E.I., soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Symboles graphiques et littéraux

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

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 117 de la CEI: Symboles graphiques recommandés.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 117 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Autres publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

## Revision 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 on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **Report on IEC Activities**  
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**  
Published yearly

## Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the I.E.V. 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:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 117: Recommended graphical symbols.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 117, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

## Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC STANDARD

Publication 502

Deuxième édition — Second edition

1978

---

**Câbles de transport d'énergie isolés par diélectriques massifs extrudés  
pour des tensions assignées de 1 kV à 30 kV**

---

**Extruded solid dielectric insulated power cables  
for rated voltages from 1 kV up to 30 kV**

---

**Descripteurs:** câbles à haute tension,  
dimensions,  
essais,  
isolant plastique.

**Descriptors:** high-voltage cables,  
dimensions,  
testing,  
plastic insulation.



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé  
Genève, Suisse

## SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE . . . . .	4
PRÉFACE . . . . .	4
SECTION UN — GÉNÉRALITÉS	
Articles	
1. Domaine d'application . . . . .	8
2. Définitions . . . . .	12
SECTION DEUX — CONSTRUCTION	
3. Ame conductrice . . . . .	14
4. Enveloppe isolante . . . . .	14
5. Ecrans sur les conducteurs . . . . .	14
6. Assemblage des conducteurs, revêtements internes et bourrages . . . . .	16
7. Revêtements métalliques des câbles unipolaires ou multipolaires . . . . .	20
8. Ecran métallique . . . . .	20
9. Conducteur concentrique . . . . .	22
10. Gaine métallique ( <i>à l'étude</i> ) . . . . .	22
11. Armure métallique . . . . .	22
12. Gaine extérieure non métallique . . . . .	28
TABLEAUX I à V . . . . .	30
SECTION TROIS — PRESCRIPTIONS D'ESSAI	
13. Conditions d'essais . . . . .	36
14. Essais individuels . . . . .	36
15. Essais spéciaux . . . . .	40
16. Essais électriques de type . . . . .	46
17. Essais de type non électriques . . . . .	56
18. Essai diélectrique après pose . . . . .	66
TABLEAUX VI à XIII . . . . .	68
ANNEXE A — Méthode du calcul fictif pour déterminer les dimensions des revêtements protecteurs . . . . .	82
ANNEXE B — Arrondissement des nombres . . . . .	90

## CONTENTS

	Page
FOREWORD . . . . .	5
PREFACE . . . . .	5
SECTION ONE — GENERAL	
Clause	
1. Scope . . . . .	9
2. Definitions . . . . .	13
SECTION TWO — CONSTRUCTION	
3. Conductors . . . . .	15
4. Insulation . . . . .	15
5. Screening of cores . . . . .	15
6. Assembly of cores, inner coverings and fillers . . . . .	17
7. Metallic layers for single-core and multicore cables . . . . .	21
8. Metallic screen . . . . .	21
9. Concentric conductor . . . . .	23
10. Metallic sheath ( <i>under consideration</i> ) . . . . .	23
11. Metallic armour . . . . .	23
12. Non-metallic outer sheath . . . . .	29
TABLES I TO V . . . . .	31
SECTION THREE — TEST REQUIREMENTS	
13. Test conditions . . . . .	37
14. Routine tests . . . . .	37
15. Special tests . . . . .	41
16. Type tests, electrical . . . . .	47
17. Type tests, non-electrical . . . . .	57
18. Electrical tests after installation . . . . .	67
TABLES VI TO XIII . . . . .	69
APPENDIX A — The fictitious calculation method for determination of dimensions of protective coverings . . . . .	83
APPENDIX B — Rounding of numbers . . . . .	91

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CÂBLES DE TRANSPORT D'ÉNERGIE ISOLÉS  
PAR DIÉLECTRIQUES MASSIFS EXTRUDÉS  
POUR DES TENSIONS ASSIGNÉES DE 1 kV À 30 kV**

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

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

Elle remplace la Publication 502-1 de la CEI parue en 1975, et elle inclut des informations complémentaires.

Il convient de remarquer que la préface de la Publication 502-1 de la CEI, Première partie: Construction et dimensions (1975) indiquait que la publication serait divisée en deux parties:

- Première partie: Construction et dimensions.
- Deuxième partie: Prescriptions et méthodes d'essai.

Elle indiquait également que les prescriptions d'essai seraient transférées de la deuxième partie à la première partie afin de constituer une norme complète pour ce type de câble.

La présente norme satisfait à cette intention car elle comprend les trois sections suivantes:

- Section un — Généralités.
- Section deux — Construction.
- Section trois — Prescriptions d'essai.

Les méthodes d'essai, qui étaient envisagées pour la future deuxième partie de la Publication 502, font maintenant l'objet de la Publication 540 de la CEI: Méthodes d'essais pour les enveloppes isolantes et les gaines des câbles électriques rigides et souples (mélanges élastomères et thermoplastiques), parue en 1976.

Les prescriptions d'essai de la présente norme reposent sur les parties appropriées du document 20A(Bureau Central)39, modifiées selon les décisions prises lors de la réunion tenue à Varsovie en 1973. A la suite de cette réunion, un projet, document 20A(Bureau Central)51, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mars 1976.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Australie	Portugal
Autriche	Roumanie
Belgique	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Egypte	Suisse
Espagne	Tchécoslovaquie
Etats-Unis d'Amérique	Turquie
Italie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**EXTRUDED SOLID DIELECTRIC INSULATED POWER CABLES  
FOR RATED VOLTAGES FROM 1 kV UP TO 30 kV**

FOREWORD

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

PREFACE

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

It supersedes IEC Publication 502-1 issued in 1975, and includes additional material.

It should be noted that the preface of IEC Publication 502-1, Part 1: Construction and Dimensions (1975) stated that the publication was to be divided into the following two parts:

- Part 1: Construction and dimensions.
- Part 2: Test requirements and methods of test.

It also stated that the test requirements would eventually be transferred from Part 2 to Part 1 in order to form a complete standard for this type of cable.

The present standard fulfils this latter intention as it comprises the three sections:

- Section One — General.
- Section Two — Construction.
- Section Three — Test requirements.

The test methods that were envisaged for the future Part 2 of Publication 502 are now covered in IEC Publication 540: Test Methods for Insulation and Sheaths of Electric Cables and Cords (Elastomeric and Thermoplastic), which was published in 1976.

The test requirements in the present standard are based on the relevant parts of Document 20A(Central Office)39, as amended by the decisions taken at the meeting held in Warsaw in 1973. As a result of this meeting, a draft, Document 20A (Central Office)51, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in March 1976.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Romania
Austria	Spain
Belgium	Sweden
Czechoslovakia	Switzerland
Denmark	Turkey
Egypt	Union of Soviet Socialist Republics
Italy	United Kingdom
Portugal	United States of America

Des modifications, document 20A(Bureau Central)54, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en février 1977.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Allemagne	France
Australie	Italie
Autriche	Norvège
Belgique	Pays-Bas
Bésil	Roumanie
Bulgarie	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Egypte	Suisse
Espagne	Tchécoslovaquie
Etats-Unis d'Amérique	Turquie
Finlande	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

*Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:*

- Publications n<sup>os</sup> 38: Tensions normales de la CEI.  
60: Techniques des essais à haute tension.  
183: Guide au choix des câbles à haute tension.  
228: Sections nominales et composition des âmes des conducteurs et câbles isolés.  
230: Essais de choc des câbles et de leurs accessoires.  
287: Calcul du courant admissible dans les câbles en régime permanent (facteur de charge 100%).  
332: Caractéristiques des câbles électriques retardant la propagation de la flamme.  
540: Méthodes d'essais pour les enveloppes isolantes et les gaines des câbles électriques rigides et souples (mélanges élastomères et thermoplastiques).

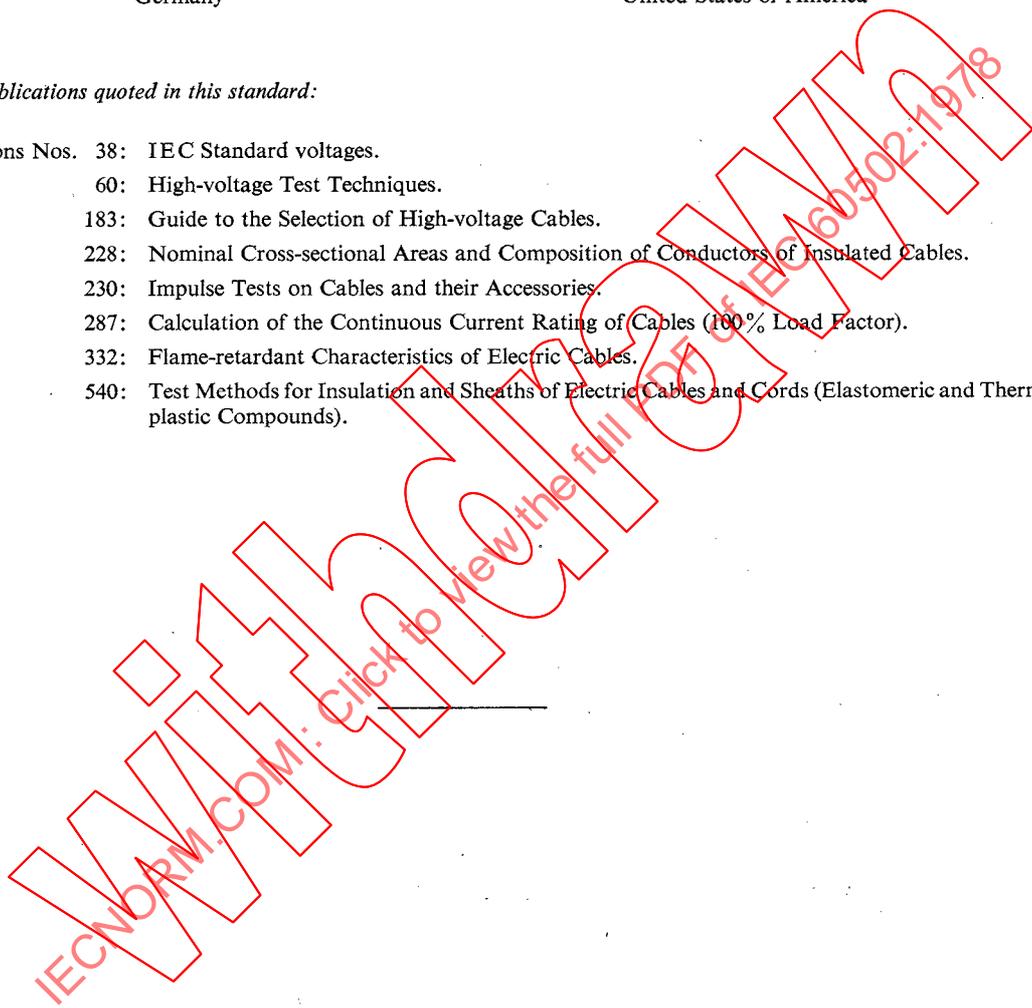
Amendments, Document 20A(Central Office)54, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in February 1977.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Italy
Austria	Netherlands
Belgium	Norway
Brazil	Romania
Bulgaria	Spain
Czechoslovakia	Sweden
Denmark	Switzerland
Egypt	Turkey
Finland	Union of Soviet Socialist Republics
France	United Kingdom
Germany	United States of America

*Other IEC publications quoted in this standard:*

- Publications Nos. 38: IEC Standard voltages.  
60: High-voltage Test Techniques.  
183: Guide to the Selection of High-voltage Cables.  
228: Nominal Cross-sectional Areas and Composition of Conductors of Insulated Cables.  
230: Impulse Tests on Cables and their Accessories.  
287: Calculation of the Continuous Current Rating of Cables (100% Load Factor).  
332: Flame-retardant Characteristics of Electric Cables.  
540: Test Methods for Insulation and Sheaths of Electric Cables and Cords (Elastomeric and Thermo-plastic Compounds).



# CÂBLES DE TRANSPORT D'ÉNERGIE ISOLÉS PAR DIÉLECTRIQUES MASSIFS EXTRUDÉS POUR DES TENSIONS ASSIGNÉES DE 1 kV À 30 kV

## SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

### 1. Domaine d'application

#### 1.1 Généralités

La présente norme spécifie la construction, les dimensions et les prescriptions des câbles de transport d'énergie pour installations fixes, avec isolations extrudées en diélectriques massifs des types énumérés au paragraphe 1.2, pour des tensions assignées ( $U$ ) comprises entre 1 kV et 30 kV (voir le paragraphe 1.3).

Les câbles destinés à des conditions particulières d'installations et de service ne sont pas inclus.

#### 1.2 Matériaux isolants

Les types de mélanges isolants concernés par cette norme sont énumérés ci-dessous, ainsi que leurs désignations abrégées:

Mélange isolant	Désignation abrégée
<i>a) Mélanges thermoplastiques:</i>	
Mélange isolant à base de polychlorure de vinyle ou de copolymère de chlorure de vinyle et d'acétate de vinyle utilisé pour câbles de tensions assignées $U_0/U \leq 1,8/3$ kV	PVC/A
Mélange isolant à base de polychlorure de vinyle ou de copolymère de chlorure de vinyle et d'acétate de vinyle utilisé pour câbles de tensions assignées $U_0/U > 1,8/3$ kV	PVC/B
Mélange isolant à base de polyéthylène thermoplastique	PE
<i>b) Mélanges élastomères ou réticulés:</i>	
Mélange isolant à base de caoutchouc butyle ou produit similaire	Butyle
Mélange isolant à base de caoutchouc d'éthylène-propylène ou produit similaire (EPM ou EPDM)	EPR
Mélange isolant à base de polyéthylène réticulé chimiquement	XLPE

#### 1.3 Tensions assignées

Les tensions assignées normales  $U_0/U$  des câbles prévus par cette norme sont les suivantes \*:

$U_0/U = 0,6/1 — 1,8/3 — 3,6/6 — 6/10 — 8,7/15 — 12/20 — 18/30$  kV efficace.

\* Les valeurs normales de  $U_0$  indiquées dans ce paragraphe sont données dans les Publications 38 de la CEI: Tensions normales de la CEI (tableau IV, série I) et 183: Guide au choix des câbles à haute tension; les valeurs normales de  $U$  correspondent aux tensions assignées des réseaux utilisés généralement dans de nombreux pays (voir la Publication 38 de la CEI).

Dans ces pays, les désignations: 1,7/3 — 3,5/6 — 5,8/10 — 11,5/20 — 17,3/30 sont souvent employées au lieu de celles indiquées dans ce paragraphe. Celles-ci sont les désignations correctes recommandées.

## EXTRUDED SOLID DIELECTRIC INSULATED POWER CABLES FOR RATED VOLTAGES FROM 1 kV UP TO 30 kV

### SECTION ONE — GENERAL

#### 1. Scope

##### 1.1 General

This standard specifies the construction, dimensions and test requirements of power cables for fixed installations with extruded solid insulation of the types listed in Sub-clause 1.2, for rated voltages ( $U$ ) from 1 kV up to and including 30 kV given in Sub-clause 1.3.

Cables for special conditions of installations and service are not included.

##### 1.2 Insulating materials

The types of insulating compound covered by this standard are listed below, together with their abbreviated designations:

Insulating compound	Abbreviated designation
<p><i>a) Thermoplastic:</i></p> <p>Insulating compound based on polyvinyl chloride or copolymer of vinyl chloride and vinyl acetate intended for cables with rated voltages <math>U_0/U \leq 1.8/3</math> kV</p> <p>Insulating compound based on polyvinyl chloride or copolymer of vinyl chloride and vinyl acetate intended for cables with rated voltages <math>U_0/U &gt; 1.8/3</math> kV</p> <p>Insulating compound based on thermoplastic polyethylene</p>	<p>PVC/A</p> <p>PVC/B</p> <p>PE</p>
<p><i>b) Elastomeric or thermosetting:</i></p> <p>Insulating compound based on butyl rubber or similar</p> <p>Insulating compound based on ethylene propylene rubber or similar (EPM or EPDM)</p> <p>Insulating compound based on chemically cross-linked polyethylene</p>	<p>Butyl</p> <p>EPR</p> <p>XLPE</p>

##### 1.3 Rated voltages

The standard rated voltages  $U_0/U$  of the cables considered in this standard are as follows \*:

$$U_0/U = 0.6/1 - 1.8/3 - 3.6/6 - 6/10 - 8.7/15 - 12/20 - 18/30 \text{ kV r.m.s.}$$

\* The standard values of  $U_0$  given in this sub-clause are taken from IEC Publications 38, IEC Standard Voltages (Tables IV, Series I), and 183, Guide to the Selection of High-voltage Cables; the standard values of  $U$  are equal to the rated system voltages generally used in many countries (see IEC Publication 38).

In these countries, the designations 1.7/3 — 3.5/6 — 5.8/10 — 11.5/20 — 17.3/30 are often used instead of those given in this sub-clause. The latter are the correct recommended designations.

Dans les désignations de tensions des câbles  $U_0/U$ , données ci-dessus :

- $U_0$  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.

#### 1.4 Températures assignées maximales des différents mélanges isolants

Mélange isolant	Température assignée maximale de l'âme °C	
	Service normal *	Court-circuit (durée maximale 5 s)
Caoutchouc butyle	85	220
Polychlorure de vinyle ou copolymère de chlorure et d'acétate de vinyle (PVC)	70	160
Polyéthylène thermoplastique (PE)	70 **	130 ***
Polyéthylène réticulé (XLPE)	90	250
Caoutchouc d'éthylène propylène (EPR)	90	250

\* Il est indispensable que l'on tienne compte des pertes diélectriques quand la valeur de  $U_0$  est supérieure ou égale aux valeurs indiquées dans la Publication 287 de la CEI : Calcul du courant admissible dans les câbles en régime permanent (facteur de charge 100%).

\*\* 75 °C pour le PE de densité supérieure à 0,960 g/cm<sup>3</sup> à 23 °C.

\*\*\* Cette température peut être portée à 150 °C si un écran convenable sur l'âme conductrice est employé.

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

En service normal, par exemple, si un câble directement enterré dans le sol est utilisé en permanence (facteur de charge de 100%) à la température assignée 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 du conducteur risque alors de dépasser largement la valeur assignée maximale. Si de telles conditions de service sont envisagées, des précautions appropriées doivent donc être prises.

Il doit être tenu compte des facteurs suivants dans le choix des températures de courts-circuits :

- La déformation de l'isolation, qui résulte des forces thermomécaniques produites dans les conditions de court-circuit, peut réduire l'épaisseur effective de l'isolation.
- Les écrans sur l'âme conductrice et sur l'enveloppe isolante peuvent être affectés par une perte de l'effet de l'écran; de même les propriétés thermiques du matériau constituant la gaine extérieure peuvent introduire une limitation.
- Il faut que les accessoires qui sont utilisés dans le réseau des câbles avec jonctions mécaniques et/ou soudées puissent être utilisés à la température adoptée pour le câble.

In the voltage designation of cables,  $U_0/U$ , given above,

$U_0$  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.

1.4 Highest rated temperatures for the different types of insulating compound

Insulating compound	Maximum rated conductor temperature °C	
	Normal operation *	Short-circuit (5 s maximum duration)
Butyl rubber	85	220
Polyvinyl chloride or copolymer of vinyl chloride and vinyl acetate (PVC)	70	160
Thermoplastic polyethylene (PE)	70 **	130 ***
Cross-linked polyethylene (XLPE)	90	250
Ethylene propylene rubber (EPR)	90	250

\* It is essential that dielectric losses are taken into account when  $U_0$  is equal to or greater than the values given in IEC Publication 287: Calculation of the Continuous Current Ratings of Cables (100% load factor).

\*\* 75 °C for PE of density higher than 0.960 g/cm<sup>3</sup> at 23 °C.

\*\*\* This temperature may be increased to 150 °C by use of a suitable conductor screen construction.

The temperatures in the table above are based on the intrinsic properties of the insulating materials. It is important that caution is exercised in adopting these values for the calculation of current ratings, in view of other factors.

For example, in normal operation, if a cable directly buried in the ground is operated under continuous load (100% load factor) at the highest rated 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 highest rated value. If such operating conditions are foreseen, adequate provisions shall be made.

In adopting temperatures for short-circuit ratings, account must be taken of the following factors:

- a) Deformation of the insulation, due to the thermo-mechanical forces produced by the short-circuit condition, can reduce the effective thickness of the insulation.
- b) Conductor and core screens can be adversely affected with loss of screening effect; likewise the thermal properties of the outer sheath material can be the limitation.
- c) It is essential that the accessories which are used in the cable system with mechanical and/or soldered connections are suitable for the temperature adopted for the cable.

## 2. Définitions

Les définitions ci-après sont applicables à la présente publication.

### 2.1 Définitions de valeurs dimensionnelles (épaisseurs, sections, etc.)

#### a) Valeur nominale

Valeur approchée appropriée d'une grandeur, utilisée pour dénommer ou identifier un composant, un dispositif ou un matériel (V.E.I. terme 151-04-01).

Dans cette norme comme valeur dimensionnelle, une valeur nominale est une valeur prescrite qui doit être garantie par le fabricant et qui est toujours associée à des tolérances définies.

#### b) Valeur approximative

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

#### c) 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 dans la série si le nombre est pair.

#### d) Valeur fictive

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

### 2.2 Définitions relatives aux essais

#### a) Essais individuels

Les essais individuels sont effectués par le fabricant sur toutes les longueurs de câble terminé; ils doivent montrer que le conducteur et l'isolateur sont en bon état.

*Note.* — Par accord entre l'acheteur et le fabricant (faisant état, par exemple, des résultats d'une méthode de contrôle de qualité), le nombre de longueurs de câble terminé sur lesquelles ces essais doivent être effectués peut être limité.

#### b) Essais spéciaux

Les essais spéciaux sont effectués par le fabricant, sur des échantillons de câble complet ou sur des éléments prélevés sur un câble complet, à une fréquence spécifiée, de façon à vérifier que le produit complet réponde aux spécifications de sa conception.

#### c) Essais de type

Les essais de type doivent être effectués par le fabricant avant la commercialisation générale d'un type de câble relevant de la présente publication, afin d'établir que les caractéristiques de service sont satisfaisantes et conviennent pour l'utilisation envisagée. Ces essais sont d'une nature telle qu'après leur exécution il n'est pas nécessaire de les répéter, à moins que des modifications n'aient été introduites dans le choix des matériaux ou de la construction du câble, de sorte que les caractéristiques de service puissent en être affectées.

#### d) Essais d'installation

Les essais d'installation sont effectués pour vérifier le bon état du câble et de ses accessoires après l'installation.

## 2. Definitions

The following definitions have been adopted for the purposes of this publication.

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

#### a) Nominal value

A suitable approximate quantity value used to designate or identify a component, device or equipment (I.E.V. term 151-04-01).

In this standard as a dimensional value, a nominal value is a value specified always in connection with specified tolerances and which has to be guaranteed by the manufacturer.

#### b) Approximate value

A value which is neither guaranteed nor checked; it is used, for example, for the calculation of other dimensional values.

#### c) 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.

#### d) Fictitious value

A value calculated according to the "fictitious method" described in Appendix A.

### 2.2 Definitions concerning the tests

#### a) Routine tests

Routine tests are tests made by the manufacturer on all finished cable lengths to demonstrate the integrity of the cable.

*Note.* — By agreement between the purchaser and the manufacturer (making reference, for example, to results of quality control procedures), the number of lengths of finished cable on which these tests shall be carried out may be reduced.

#### b) Special tests

Special tests are 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 design specifications.

#### c) Type tests

Type tests are tests required to be made by a manufacturer before supplying on a general commercial basis a type of cable covered by this publication, 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 which might change the performance characteristics.

#### d) Installation tests

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

## SECTION DEUX — CONSTRUCTION

### 3. Ame conductrice

#### 3.1 Matériau

L'âme conductrice doit être en cuivre nu ou recouvert d'une couche métallique, ou en aluminium nu.

#### 3.2 Classe et forme

L'âme doit être de la classe 1, de la classe 2 ou de la classe 3 conformément à la Publication 228 de la CEI: Sections nominales et composition des âmes des conducteurs et câbles isolés.

### 4. Enveloppe isolante

#### 4.1 Matériau

L'enveloppe isolante doit être constituée par un diélectrique massif extrudé, de l'un des types définis au paragraphe 1.2 et satisfaisant aux essais prescrits dans la section trois de la présente norme.

#### 4.2 Epaisseur de l'enveloppe isolante

- a) Les épaisseurs nominales de l'enveloppe isolante sont définies dans les tableaux I à V, pages 30 à 34.
- b) Les épaisseurs de l'enveloppe isolante indiquées dans les tableaux sont basées sur les tensions nominales, et sont uniquement applicables aux câbles comportant une gaine de protection extérieure.
- c) La valeur moyenne de l'épaisseur de l'enveloppe isolante ne doit pas être inférieure à la valeur nominale spécifiée.
- d) Toutefois, l'épaisseur en un point quelconque peut être inférieure à la valeur nominale spécifiée, pourvu que la différence ne dépasse pas  $0,1 \text{ mm} + 10\%$  de la valeur nominale spécifiée.
- e) L'épaisseur d'un séparateur ou d'un écran semi-conducteur disposés sur l'âme de conducteur ou sur l'enveloppe isolante ne doit pas être comprise dans l'épaisseur de l'enveloppe isolante.

### 5. Ecrans sur les conducteurs

#### 5.1 Ecrans

S'ils sont prescrits (voir le paragraphe 5.4), les écrans sur conducteurs de câbles unipolaires ou multipolaires consistent en un écran sur l'âme conductrice et un écran sur l'enveloppe isolante.

#### 5.2 Ecran sur l'âme conductrice

L'écran sur l'âme conductrice doit être non métallique et être constitué par un ruban semi-conducteur, ou par une couche extrudée de mélange semi-conducteur, ou encore par une combinaison des deux.

## SECTION TWO — CONSTRUCTION

### 3. Conductors

#### 3.1 *Material*

The conductors shall consist of plain or metal-coated copper, or plain aluminium.

#### 3.2 *Class and form*

The conductors shall be either Class 1, Class 2 or Class 3 in accordance with IEC Publication 228, Nominal Cross-sectional Areas and Composition of Conductors of Insulated Cables.

### 4. Insulation

#### 4.1 *Material*

Insulation shall be extruded solid dielectric of one of the types given in Sub-clause 1.2 and complying with the appropriate test requirements specified in Section Three of this standard.

#### 4.2 *Insulation thickness*

- a) The nominal insulation thicknesses are specified in Tables I to V, pages 31 to 35.
- b) The insulation thicknesses given in the tables are based on rated voltages and are applicable only to cables with an outer protective covering.
- c) The average thickness of the insulation shall be not less than the specified nominal value.
- d) The thickness at any place may, however, be less than the specified nominal value provided that the difference does not exceed  $0.1 \text{ mm} + 10\%$  of the specified nominal value.
- e) 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.

### 5. Screening of cores

#### 5.1 *Core screening*

Screening of cores in single and multicore cables, when required (see Sub-clause 5.4), shall consist of conductor screening and insulation screening.

#### 5.2 *Conductor screening*

Conductor screening shall be non-metallic and shall consist of either semi-conducting tape or a layer of extruded semi-conducting compound, or a combination of the two.

### 5.3 Ecran sur l'enveloppe isolante

- a) L'écran sur l'enveloppe isolante doit être constitué par une partie semi-conductrice non métallique associée à une partie métallique.
- b) La partie non métallique doit être appliquée directement sur l'enveloppe isolante de chaque conducteur et être constituée soit par un ruban semi-conducteur, soit par une couche d'un mélange semi-conducteur extrudé, ou par la combinaison de ces éléments, soit par l'un de ces matériaux avec un enduit semi-conducteur.
- c) La partie métallique doit être appliquée sur chaque conducteur individuel ou sur l'assemblage des conducteurs, et satisfaire à l'article 8.

### 5.4 Limites de l'emploi des écrans des conducteurs

- a) On doit utiliser des écrans sur l'âme des câbles isolés au caoutchouc butyle, au PE et au XLPE dont la tension assignée est supérieure à 1,8/3,0 kV et sur l'âme des câbles isolés au PVC et à l'EPR dont la tension assignée est supérieure à 3,6/6,0 kV.
- b) Sauf indication contraire, on doit utiliser des écrans sur l'enveloppe isolante des câbles isolés au caoutchouc butyle, au PE et au XLPE dont la tension assignée est supérieure à 1,8/3,0 kV et sur l'enveloppe isolante des câbles isolés au PVC et à l'EPR dont la tension assignée est supérieure à 3,6/6,0 kV.

## 6. Assemblage des conducteurs, revêtements internes et bourrages

### 6.1 Types de câbles multipolaires

L'assemblage des câbles multipolaires dépend de la tension assignée et des écrans métalliques ou semi-conducteurs qui peuvent être appliqués sur chaque conducteur.

Les paragraphes 6.2 à 6.6 qui suivent ne s'appliquent pas aux torsades de câbles unipolaires comportant une gaine individuelle.

### 6.2 Câbles de tension assignée 0,6/1 kV

- a) Les câbles multipolaires comportant une armure, un conducteur concentrique, ou tout autre revêtement métallique (voir le paragraphe 7.1), doivent comporter un revêtement interne sur l'assemblage des conducteurs. Le revêtement interne et les bourrages doivent satisfaire au paragraphe 6.6.
- b) Toutefois, pour certaines utilisations particulières, des rubans métalliques peuvent être appliqués directement sur les conducteurs assemblés, sans revêtement interne, à condition que l'épaisseur de chaque ruban ne dépasse pas 0,3 mm.
- c) Pour les câbles ne comportant ni armure, ni conducteur concentrique, ni autre revêtement métallique concentrique (voir le paragraphe 7.1), le revêtement interne peut être omis pour autant que la forme extérieure du câble reste pratiquement cylindrique et qu'il n'y ait pas d'adhérence entre les conducteurs et la gaine.

La gaine peut pénétrer dans les interstices entre conducteurs, sauf dans le cas des gaines thermo-plastiques sur conducteurs circulaires ayant des âmes de section supérieure à 10 mm<sup>2</sup>.

Toutefois, si un revêtement interne est appliqué, il n'est pas nécessaire que son épaisseur soit conforme aux paragraphes 6.6e) et 6.6f).

### 5.3 *Insulation screening*

- a) The insulation screen shall consist of a non-metallic semi-conducting part in combination with a metallic part.
- b) The non-metallic part shall be applied directly upon the insulation of each core and shall consist of either a semi-conducting tape or a layer of extruded semi-conducting compound, or a combination of these materials or either material in combination with a semi-conducting coating.
- c) The metallic part shall be applied over the individual cores or over the core assembly and shall comply with Clause 8.

### 5.4 *Screening limits for the cores*

- a) Conductor screening shall be employed at rated voltages above 1.8/3.0 kV in cables insulated with butyl rubber, PE and XLPE, and above 3.6/6.0 kV in cables insulated with PVC and EPR.
- b) Insulation screening shall be employed at rated voltages above 1.8/3.0 kV in cables insulated with butyl rubber, PE and XLPE, and above 3.6/6.0 kV in cables insulated with PVC and EPR, except where otherwise stated.

## 6. **Assembly of cores, inner coverings and fillers**

### 6.1 *Different types of multicore cables*

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

The following Sub-clauses 6.2 to 6.6 do not apply to assemblies of sheathed single-core cables.

### 6.2 *Cables with rated voltage 0.6/1 kV*

- a) Multicore cables with armour, concentric conductor or other metallic layer (see Sub-clause 7.1) shall have an inner covering over the laid-up cores. The inner covering and fillers shall comply with Sub-clause 6.6.
- b) For special applications, however, metallic tapes may be applied directly over the assembled cores, omitting the inner covering, provided the nominal thickness of each tape does not exceed 0.3 mm.
- c) For cables having neither armour nor concentric conductor, nor other concentric metallic layer (see Sub-clause 7.1), the inner covering may be omitted provided the outer shape of the cable remains practically circular and no adhesion occurs between cores and sheath.

The sheath may penetrate into the interstices of the cores, except in the case of thermoplastic sheaths over circular cores with conductors exceeding 10 mm<sup>2</sup>.

If, however, an inner covering is applied, its thickness need not comply with Sub-clauses 6.6e) and 6.6f).

6.3 Câbles à champ non radial de tension assignée supérieure à 0,6/1 kV

Ce type de câble doit être conforme au paragraphe 6.2a). Le revêtement interne et les bourrages doivent être non hygroscopiques.

6.4 Câbles à champ radial, de tension assignée supérieure à 0,6/1 kV, et comportant un écran métallique sur chaque conducteur

Ces câbles doivent être conformes aux paragraphes 6.2a) et 6.2c) et 11.10.

Les écrans métalliques des conducteurs doivent être en contact entre eux.

6.5 Câbles à champ radial de tension assignée supérieure à 0,6/1 kV, avec seulement écran métallique concentrique sur l'assemblage des conducteurs

Ces câbles doivent être conformes au paragraphe 6.2a).

Le revêtement interne doit être semi-conducteur; les bourrages peuvent être semi-conducteurs.

6.6 Revêtement interne et bourrages

- a) Le revêtement interne peut être extrudé ou rubané.
- b) Pour les câbles à conducteurs circulaires, à l'exception des câbles à plus de cinq conducteurs, un revêtement interne rubané n'est admis que si les interstices entre conducteurs sont convenablement remplis par des éléments de bourrage distincts.
- c) Le revêtement interne et les bourrages doivent être composés d'un matériau convenable. Il est permis d'utiliser comme lien un ruban convenable, posé en forme d'hélice ouverte, avant l'application d'un revêtement interne extrudé.
- d) Le matériau utilisé pour les revêtements internes et les bourrages doit être adapté à la température de service du câble et compatible avec le matériau d'isolation.
- e) L'épaisseur des revêtements internes extrudés doit être conforme aux valeurs du tableau suivant:

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

- f) L'épaisseur approximative \* du revêtement rubané doit être de 0,4 mm pour les diamètres fictifs sur assemblages des conducteurs inférieurs ou égaux à 40 mm et de 0,6 mm pour les diamètres supérieurs.

\* Voir la définition de la « valeur approximative » au paragraphe 2.1b).

6.3 *Non-radial field cables with rated voltage above 0.6/1 kV*

This type of cable shall comply with the requirements of Sub-clause 6.2a). The inner covering and fillers shall be non-hygroscopic.

6.4 *Radial field cables with rated voltage above 0.6/1 kV having a metallic screen over each individual core*

Cables shall comply with the requirements of Sub-clauses 6.2a) and 6.2c) and 11.10.

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

6.5 *Radial field cables with rated voltage above 0.6/1 kV having only a concentric metallic screen over the assembly*

Cables shall comply with the requirements of Sub-clause 6.2a).

The inner covering shall be semi-conducting; the fillers may be semi-conducting.

6.6 *Inner covering and fillers*

- a) The inner covering may be extruded or lapped.
- b) For cables with circular cores, except cables with more than five cores, a lapped inner covering shall be permitted only if the interstices between the cores are substantially filled by separated units.
- c) The inner coverings and fillers shall be of suitable materials. An open helix of suitable tape is permitted as a binder before application of an extruded inner covering.
- d) The material used for inner coverings and fillers shall be suitable for the operating temperature of the cable and compatible with the insulating material.
- e) The thickness of extruded inner coverings shall be derived from the following table:

Fictitious diameter over laid-up cores		Thickness of extruded inner covering (approximate values)*
Above	Up to and including	
(mm)	(mm)	(mm)
—	25	1.0
25	35	1.2
35	45	1.4
45	60	1.6
60	80	1.8
80	—	2.0

- f) The approximate \* thickness of lapped covering 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.

\* See definition of "approximate value" in Sub-clause 2.1b).

## 7. Revêtements métalliques des câbles unipolaires ou multipolaires

### 7.1 Types de revêtements métalliques

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

- a) écran métallique (voir l'article 8);
- b) conducteur concentrique (voir l'article 9);
- c) gaine métallique (voir l'article 10);
- d) armure métallique (voir l'article 11).

### 7.2 Utilisation des revêtements métalliques

- a) Les câbles dont la tension assignée entre conducteur et terre ( $U_0$ ) est égale à 0,6 kV peuvent comporter un revêtement métallique entourant complètement le ou les conducteurs.

*Note.* — Le choix entre les câbles avec ou sans gaine métallique dépend des règlements nationaux et des règles d'installation en vue des précautions à prendre contre les risques d'avarie mécanique ou de contact électrique direct.

Quand un revêtement métallique existe, il doit être conforme au paragraphe 7.2b).

- b) Les câbles dont la tension assignée entre conducteur et terre ( $U_0$ ) est supérieure à 0,6 kV doivent comporter un élément métallique individuel ou collectif sur les conducteurs. Ce revêtement métallique doit correspondre à un ou plusieurs des types énumérés au paragraphe 7.1 et ne doit pas être magnétique quand il est appliqué sur les conducteurs individuels de câbles unipolaires ou multipolaires.

## 8. Ecran métallique

### 8.1 Construction

L'écran métallique doit être constitué d'un ou de plusieurs rubans, d'une tresse, ou d'une nappe concentrique de fils.

Il peut être aussi constitué d'une gaine ou, dans le cas d'un écran collectif, d'une armure satisfaisant aux paragraphes 8.2 et 8.3.

- 8.2 Les vides dans l'écran doivent être conformes aux règles et/ou aux normes nationales.

### 8.3 Prescriptions

Les prescriptions relatives aux dimensions et aux caractéristiques physiques et électriques des écrans métalliques doivent être définies par les règles et/ou les normes nationales.

### 8.4 Ecrans métalliques non associés à une couche semi-conductrice

Il n'est pas nécessaire d'associer une couche semi-conductrice aux écrans métalliques utilisés pour des tensions assignées inférieures ou égales à 1,8/3,0 kV pour les isolations butyle, PE, XLPE et inférieures ou égales à 3,6/6,0 kV pour les isolations PVC et EPR.

## 7. Metallic layers for single-core and multicore cables

### 7.1 Types of metallic layers

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

- a) metallic screen (see Clause 8);
- b) concentric conductor (see Clause 9);
- c) metallic sheath (see Clause 10);
- d) metallic armour (see Clause 11).

### 7.2 Application of metallic layers

- a) Cables with rated voltage between conductor and earth ( $U_0$ ) equal to 0.6 kV may have a metallic layer completely surrounding the core(s).

*Note.* — The choice between cables having and cables not having a metallic layer depends upon national regulations and installation practices for the prevention of possible dangers from mechanical damage or direct electrical contact.

When a metallic layer is provided, it shall be in accordance with Sub-clause 7.2b).

- b) Cables with rated voltage between conductor and earth ( $U_0$ ) greater than 0.6 kV shall have a metallic layer surrounding the cores either individually or collectively. This metallic layer shall be one or more of the types listed in Sub-clause 7.1 and shall be non-magnetic when applied to individual cores of either single-core or multicore cables.

## 8. Metallic screen

### 8.1 Construction

The metallic screen shall consist of either one or more tapes, or braid, or a concentric layer of wires.

It may also be a sheath or, in the case of a collective screen, an armour which complies with Sub-clauses 8.2 and 8.3.

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

### 8.3 Requirements

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

### 8.4 Metallic screens not associated with semi-conducting layers

Where metallic screens are employed at rated voltages up to and including 1.8/3.0 kV with butyl rubber, PE and XLPE insulation and up to and including 3.6/6.0 kV with PVC and EPR insulation, these need not be associated with semi-conducting layers.

## 9. Conducteur concentrique

### 9.1 Construction

Les vides dans le conducteur concentrique doivent être conformes aux règles et/ou aux normes nationales.

### 9.2 Prescriptions

La résistance électrique et le matériau du conducteur concentrique doivent être définis par les règles et/ou les normes nationales.

### 9.3 Disposition du conducteur concentrique

Quand un conducteur concentrique est prévu, il doit être appliqué sur le revêtement interne dans le cas des câbles multipolaires; dans le cas des câbles unipolaires, il doit être appliqué directement sur l'enveloppe isolante ou sur l'écran semi-conducteur recouvrant l'enveloppe isolante, ou bien sur un revêtement interne approprié.

## 10. Gaine métallique

A l'étude.

## 11. Armure métallique

### 11.1 Types d'armures métalliques

Les types d'armures envisagés dans cette norme sont:

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

### 11.2 Matériaux

Les fils ronds et méplats peuvent, par exemple, être en acier galvanisé, en acier plombé, en aluminium ou en alliage d'aluminium.

Les rubans peuvent être en acier, en acier galvanisé, en aluminium ou en alliage d'aluminium.

Les rubans d'acier peuvent être laminés à froid ou à chaud, de qualité commerciale.

11.3 Dans le choix du matériau constituant l'armure, on doit apporter une attention particulière aux possibilités 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 (voir le paragraphe 8.1).

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

### 11.5 Disposition de l'armure

- a) Quand une armure est prévue sur des câbles multipolaires, elle doit être appliquée sur un revêtement interne conforme au paragraphe 6.6 (sauf dans le cas du paragraphe 6.2b)).

## 9. Concentric conductor

### 9.1 Construction

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

### 9.2 Requirements

The electrical resistance and material of the concentric conductor shall be determined by national regulations and/or standards.

### 9.3 Application

When a concentric conductor is required, it shall be applied over the inner covering in the case of multicore 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.

## 10. Metallic sheath

Under consideration.

## 11. Metallic armour

### 11.1 Types of metallic armours

The armour types covered by this standard are:

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

### 11.2 Materials

Round or flat wires may consist, for example, of galvanized steel, lead-coated steel, aluminium or aluminium alloy.

Tapes may consist of steel, galvanized steel, aluminium or aluminium alloy.

The steel tape may be hot or cold rolled of commercial quality.

11.3 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 (see Sub-clause 8.1).

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

### 11.5 Application of armour

- a) When an armour is required in the case of multicore cables, it shall be applied on an inner covering complying with Sub-clause 6.6 (except for special applications (see Sub-clause 6.2b)).

- b) Dans le cas des câbles unipolaires, un revêtement extrudé ou rubané, dont l'épaisseur est définie aux paragraphes 6.6e) et 6.6f), doit être disposé sous l'armure, s'il n'y a pas d'écran.
- c) Pour les câbles unipolaires ou multipolaires, une gaine de séparation doit être appliquée sous l'armure, à la place ou en plus du revêtement interne, dans le cas où cela est nécessaire comme il est indiqué au paragraphe 11.10.

#### 11.6 Dimensions des fils et des rubans d'armure

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

*Fils d'armure ronds* (acier galvanisé, aluminium ou alliage d'aluminium):

0,8 — 1,25 — 1,6 — 2,0 — 2,5 — 3,15 mm de diamètre.

*Fils d'armure méplats* (acier galvanisé):

0,8 — 1,2 — 1,4 mm d'épaisseur.

*Rubans d'armure en acier:*

0,2 — 0,5 — 0,8 mm d'épaisseur.

(Les épaisseurs des fils méplats et des rubans d'armure en aluminium ou alliage d'aluminium sont à l'étude.)

Les dimensions des fils ou des rubans d'armure ne doivent pas être inférieures aux valeurs nominales suivantes:

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

#### 11.7 Correspondance entre les diamètres des câbles et les dimensions des armures

Les diamètres nominaux des fils ronds d'armure et les épaisseurs nominales des rubans et fils méplats d'armure ne doivent pas être inférieurs aux valeurs indiquées dans les tableaux suivants:

##### a) Fils d'armure ronds

Diamètre fictif sous l'armure		Diamètre du fil d'armure
Supérieur à	Inférieur ou égal à	
(mm)	(mm)	(mm)
—	15	0,8
15	25	1,6
25	35	2,0
35	60	2,5
60	—	3,15

- b) In the case of single-core cables, a covering, extruded or lapped, of the thickness specified in Sub-clauses 6.6e) and 6.6f), shall be applied under the armour if there is no screen.
- c) In both single-core and multicore cables, a separation sheath shall be applied under the armour instead of, or in addition to, the inner covering if necessary, as specified in Sub-clause 11.10.

#### 11.6 Dimensions of the armour wires and armour tapes

The dimensions of the armour wires and armour tapes shall preferably be as follows:

*Round armour wires* (galvanized steel, aluminium or aluminium alloy):

0.8 — 1.25 — 1.6 — 2.0 — 2.5 — 3.15 mm diameter.

*Flat armour wires* (galvanized steel):

0.8 — 1.2 — 1.4 mm thickness.

*Steel armour tapes:*

0.2 — 0.5 — 0.8 mm thickness.

(The thicknesses of flat armour wires and armour tapes of aluminium and aluminium alloy are under consideration.)

The dimensions of armour wires and tapes shall not fall below the nominal value by more than:

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

#### 11.7 Correlation between cable diameters and armour dimensions

The nominal diameters of round armour wires and the nominal thicknesses of the armour tapes and flat wires shall be not less than the values given in the following tables:

##### a) Round armour wires

Fictitious diameter under the armour		Diameter of armour wire
Above	Up to and including	
(mm)	(mm)	(mm)
—	15	0.8
15	25	1.6
25	35	2.0
35	60	2.5
60	—	3.15

b) *Rubans d'armure en acier*

Diamètre fictif sous l'armure		Épaisseur du ruban
Supérieur à	Inférieur ou égal à	
(mm)	(mm)	(mm)
—	30	0,2
30	70	0,5
70	—	0,8

*Note.* — Ce tableau ne s'applique pas aux câbles mentionnés au paragraphe 6.2b) comportant des rubans d'acier appliqués directement sur les conducteurs.

c) *Fils d'armure méplats*

Pour les diamètres fictifs sous l'armure supérieurs à 15 mm, l'épaisseur des fils d'acier méplats est habituellement de 0,8 mm.

11.8 *Armure de fils ronds ou méplats*

- a) Les fils de l'armure doivent être jointifs, c'est-à-dire avec un jeu minimal entre fils adjacents. Un ruban d'acier galvanisé d'épaisseur nominale de 0,5 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 du paragraphe 11.6 s'appliquent à ce ruban d'acier.
- b) Les câbles de diamètre sous armure inférieur à 15 mm ne doivent pas recevoir d'armure de fils méplats.

11.9 *Armure de rubans*

- a) Quand une armure de rubans est utilisée, l'épaisseur du revêtement interne définie au paragraphe 6.6 doit être renforcée par un matelas rubané, dont l'épaisseur nominale doit être de 0,5 mm pour les rubans de 0,2 mm, et de 0,8 mm pour les rubans de plus de 0,2 mm. Quand une gaine de séparation est prévue, le matelas supplémentaire n'est pas nécessaire. L'épaisseur minimale en un point quelconque ne doit pas être inférieure à la valeur nominale de plus de 0,2 mm + 20%.
- b) Les rubans 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.

11.10 *Gaine de séparation*

- a) Lorsque l'écran métallique et l'armure appliquée sur l'écran sont constitués de métaux différents, ils doivent être séparés par une gaine étanche extrudée.
- b) L'épaisseur nominale de cette gaine, arrondie à 0,1 mm près, doit être conforme à la formule suivante:

$$T_s = 0,02 D_u + 0,6 \text{ mm}$$

b) *Steel armour tapes*

Fictitious diameter under the armour		Thickness of tape
Above	Up to and including	
(mm)	(mm)	(mm)
—	30	0.2
30	70	0.5
70	—	0.8

*Note.* — This table does not apply to the cables to which reference is made in Sub-clause 6.2b) having steel tapes applied directly over the assembled cores.

c) *Flat steel armour wires*

For fictitious diameters under the armour above 15 mm, the thickness of the flat steel wire is usually 0.8 mm.

11.8 *Round or flat wire armour*

- a) The wire armour shall be closed, i.e. with a minimum gap between adjacent wires. An open helix consisting of galvanized steel tape of minimum nominal thickness 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 Sub-clause 11.6.
- b) Cables with a diameter under armour less than 15 mm shall not be armoured with flat wires.

11.9 *Tape armour*

- a) When a tape armour is applied, the thickness of the inner covering specified in Sub-clause 6.6 shall be reinforced by a taped bedding, the nominal thickness of which shall be 0.5 mm if the armour tape thickness is 0.2 mm, and 0.8 mm if the armour tape thickness is more than 0.2 mm. If a separating sheath is provided, the additional tape bedding is not necessary. The minimum thickness at any point shall not fall below the nominal value by more than  $0.2 \text{ mm} + 20\%$ .
- b) 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.

11.10 *Separation sheath*

- a) Where the metal screen and the armour applied over the screen are of different metals, the two shall be separated by an impervious extruded sheath.
- b) The nominal thickness of this sheath, rounded to the nearest 0.1 mm, shall be derived from the formula:

$$T_s = 0.02 D_u + 0.6 \text{ mm}$$

où  $D_n$  est le diamètre fictif sous la gaine, calculé comme il est indiqué à l'annexe A. La plus petite épaisseur nominale doit être de 1,2 mm. L'épaisseur minimale en un point quelconque ne doit pas être inférieure à 80% de la valeur nominale de plus de 0,2 mm.

- c) En milieu sec, un rubanage de papier imprégné ou de matériau non hygroscopique appliqué à recouvrement et d'une épaisseur minimale de 0,8 mm peut être substitué à une gaine extrudée.
- d) La qualité du matériau utilisé pour la gaine de séparation doit convenir à la température de service du câble.

## 12. Gaine extérieure non métallique

### 12.1 Généralités

Tous les câbles doivent comporter une gaine extérieure non métallique, sauf dans quelques cas d'emploi où les types de câbles suivants peuvent ne pas l'imposer:

- a) câbles comportant un conducteur de neutre concentrique en cuivre recouvert d'une protection métallique;
- b) câbles comportant une armure de fils d'acier galvanisé;
- c) câbles comportant une gaine métallique.

### 12.2 Matériau

- a) La gaine extérieure doit être formée d'un mélange thermoplastique (PVC, polyéthylène ou matériaux similaires) ou d'un mélange élastomère vulcanisé (polychloroprène, polyéthylène chlorosulfoné ou matériaux analogues).
- b) Les prescriptions pour les types de mélanges habituellement utilisés sont spécifiées aux tableaux IX à XIII, pages 74 à 80.
- c) Un polymère vulcanisé n'est généralement pas utilisé sur les câbles armés et ne doit pas être utilisé sur les câbles à isolation thermoplastique.

La qualité du matériau de la gaine doit convenir à la température de service du câble.

### 12.3 Epaisseur de la gaine

- a) L'épaisseur spécifiée de la gaine non métallique doit être calculée à l'aide de la formule suivante:

$$t_s = 0,035 D + 1,0 \text{ mm}$$

où  $D$  est le diamètre fictif immédiatement sous la gaine (voir l'annexe A).

Les valeurs calculées à l'aide de la formule doivent être arrondies à 0,1 mm près (voir l'annexe B).

- b) Pour les câbles non armés et les câbles n'entrant pas dans le cas du paragraphe 12.3c), l'épaisseur nominale de la gaine ne doit pas être inférieure à 1,4 mm pour les câbles unipolaires et à 1,8 mm pour les câbles multipolaires.
- c) Pour les câbles armés, dont la gaine est appliquée directement sur l'armure, sur un écran métallique ou sur un conducteur concentrique, l'épaisseur nominale de la gaine ne doit pas être inférieure à 1,8 mm.

where  $D_u$  is the fictitious diameter under the sheath, calculated as described in Appendix A. The smallest nominal thickness shall be 1.2 mm. The minimum thickness at any point shall not fall below 80% of the nominal value by more than 0.2 mm.

- c) For dry locations, impregnated paper tapes or non-hygroscopic tapes, applied with an overlap to give a minimum thickness of 0.8 mm, may be used instead of an extruded sheath.
- d) The quality of the material used for the separation sheath shall be suitable for the operating temperature of the cable.

## 12. Non-metallic outer sheath

### 12.1 General

All cables shall have an outer non-metallic sheath, except that it may not be required on the following types of cable for some conditions of use:

- a) cables with metal-coated concentric neutral copper conductor;
- b) galvanized steel wire armoured cables;
- c) metal-sheathed cables.

### 12.2 Material

- a) The outer sheath shall consist of thermoplastic compound (PVC, polyethylene or similar materials) or vulcanized elastomeric compound (polychloroprene, chlorosulphonated polyethylene or similar materials).
- b) The test requirements for the types of compound normally used are specified in Tables IX to XIII, pages, 75 to 81.
- c) Vulcanized polymer is not generally used on armoured cables and shall not be used on thermoplastic insulated cables.

The quality of the sheathing material shall be suitable for the operating temperature of the cable.

### 12.3 Thickness of the sheath

- a) The nominal thickness of the non-metallic sheath shall be calculated by the following formula:

$$t_s = 0.035 D + 1.0 \text{ mm}$$

where  $D$  is the fictitious diameter immediately under the sheath (see Appendix A).

The values resulting from the formula shall be rounded off to the nearest 0.1 mm (see Appendix B).

- b) For unarmoured cables and cables not falling under Sub-clause 12.3c), the nominal sheath thickness shall be not less than 1.4 mm for single-core cables and 1.8 mm for multicore cables.
- c) For armoured cables with the sheath applied directly over the armour, metallic screen or concentric conductor, the nominal sheath thickness shall be not less than 1.8 mm.

- d) Pour une gaine appliquée sur une surface cylindrique lisse, telle qu'un revêtement intérieur, une gaine métallique ou l'isolement d'un conducteur unique:

l'épaisseur moyenne, mesurée

dans le cas d'un essai spécial suivant les modalités décrites au paragraphe 15.5

dans le cas d'un essai de type suivant les modalités décrites au paragraphe 17.2

doit être supérieure ou égale à la valeur nominale.

L'épaisseur minimale mesurée en un point quelconque ne doit pas être inférieure à 85% de la valeur nominale de plus de 0,1 mm.

- e) Pour une gaine appliquée sur une surface cylindrique irrégulière, telle qu'une gaine pénétrante appliquée sur un câble non armé sans revêtement intérieur ou une gaine appliquée directement sur l'armure, un écran métallique ou un conducteur concentrique, l'épaisseur minimale en un point quelconque, mesurée

dans le cas d'un essai spécial suivant les modalités décrites au paragraphe 15.5

dans le cas d'un essai de type suivant les modalités décrites au paragraphe 17.2

ne doit pas être inférieure à 80% de la valeur nominale de plus de 0,2 mm.

TABEAU I

*Epaisseur de l'enveloppe isolante au caoutchouc butyle*

Section nominale de l'âme	Epaisseur de l'enveloppe isolante des câbles de tension assignée ( $U_0/U$ ) kV					
	0,6/1 kV	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1,5 et 2,5	1,0	—	—	—	—	—
4 et 6	1,0	*	*	—	—	—
10	1,0	2,2	3,0	*	—	—
16	1,0	2,2	3,0	4,0	*	—
25	1,2	2,2	3,0	4,0	5,2	*
35	1,2	2,2	3,0	4,0	5,2	6,4
50 et 70	1,4	2,2	3,0	4,0	5,2	6,4
95 et 120	1,6	2,4	3,0	4,0	5,2	6,4
150	1,8	2,4	3,0	4,0	5,2	6,4
185	2,0	2,4	3,0	4,0	5,2	6,4
240	2,2	2,4	3,0	4,0	5,2	6,4
300	2,4	2,4	3,0	4,0	5,2	6,4
400	2,6	2,6	3,0	4,0	5,2	6,4
500 à 800	2,8	2,8	3,2	4,0	5,2	6,4
1 000	3,0	3,0	3,2	4,0	5,2	6,4

\* L'emploi d'âmes conductrices de section inférieure à celles qui sont indiquées dans ce tableau n'est pas conseillé. Cependant, si une âme de section inférieure est nécessaire, il faut soit augmenter le diamètre de l'âme par un écran sur l'âme conductrice (voir le paragraphe 5.2), soit majorer l'épaisseur de l'enveloppe isolante de manière à limiter le gradient électrique maximal, appliqué à l'enveloppe isolante sous tensions d'essai, aux valeurs calculées pour la plus petite section d'âme recommandée dans ce tableau.

- d) For a sheath applied on a smooth cylindrical surface, such as an inner covering, a metal sheath or the insulation of a single core:

the average thickness, measured

in the case of a special test in accordance with Sub-clause 15.5

in the case of a type test in accordance with Sub-clause 17.2

shall be not less than the nominal value.

The measured smallest thickness at any point shall not fall below 85% of the nominal value by more than 0.1 mm.

- e) For a sheath applied on an irregular cylindrical surface, such as a penetrating sheath on an unarmoured cable without inner covering or a sheath applied directly over armour, metallic screen or concentric conductor, the smallest thickness at any point, measured

in the case of a special test in accordance with Sub-clause 15.5

in the case of a type test in accordance with Sub-clause 17.2

shall not fall below 80% of the nominal value by more than 0.2 mm.

TABLE I

*Butyl rubber insulation thickness*

Nominal cross-sectional area of conductor	Thickness of insulation at rated voltage ( $U_0/U$ ) kV					
	0.6/1 kV	1.8/3 kV	3.6/6 kV	6/10 kV	8.7/15 kV	12/20 kV
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1.5 and 2.5	1.0	—	—	—	—	—
4 and 6	1.0	*	*	—	—	—
10	1.0	2.2	3.0	*	—	—
16	1.0	2.2	3.0	4.0	*	—
25	1.2	2.2	3.0	4.0	5.2	*
35	1.2	2.2	3.0	4.0	5.2	6.4
50 and 70	1.4	2.2	3.0	4.0	5.2	6.4
95 and 120	1.6	2.4	3.0	4.0	5.2	6.4
150	1.8	2.4	3.0	4.0	5.2	6.4
185	2.0	2.4	3.0	4.0	5.2	6.4
240	2.2	2.4	3.0	4.0	5.2	6.4
300	2.4	2.4	3.0	4.0	5.2	6.4
400	2.6	2.6	3.0	4.0	5.2	6.4
500 to 800	2.8	2.8	3.2	4.0	5.2	6.4
1 000	3.0	3.0	3.2	4.0	5.2	6.4

\* 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 Sub-clause 5.2), or the insulation thickness shall be increased in order to limit, at the values calculated with the smallest conductor size recommended in this table, the maximum electrical stresses applied to the insulation under test voltages.

TABLEAU II

*Epaisseur de l'enveloppe isolante au PVC*

Section nominale de l'âme	Epaisseur de l'enveloppe isolante des câbles de tension assignée ( $U_0/U$ ) kV					
	0,6/1 kV	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1,5 et 2,5	0,8	—	—	—	—	—
4 et 6	1,0	*	*	—	—	—
10	1,0	2,2	3,4	*	—	—
16	1,0	2,2	3,4	4	*	—
25	1,2	2,2	3,4	4	5,2	*
35	1,2	2,2	3,4	4	5,2	6,4
50 et 70	1,4	2,2	3,4	4	5,2	6,4
95 et 120	1,6	2,2	3,4	4	5,2	6,4
150	1,8	2,2	3,4	4	5,2	6,4
185	2,0	2,2	3,4	4	5,2	6,4
240	2,2	2,2	3,4	4	5,2	6,4
300	2,4	2,4	3,4	4	5,2	6,4
400	2,6	2,6	3,4	4	5,2	6,4
500 à 800	2,8	2,8	3,4	4	5,2	6,4
1 000	3,0	3,0	3,4	4	5,2	6,4

TABLEAU III

*Epaisseur de l'enveloppe isolante au polyéthylène (PE)*

Section nominale de l'âme	Epaisseur de l'enveloppe isolante des câbles de tension assignée ( $U_0/U$ ) kV						
	0,6/1 kV	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	18/30 kV
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1,5 et 2,5	0,8	—	—	—	—	—	—
4 et 6	1,0	*	*	—	—	—	—
10	1,0	2,0	2,5	*	—	—	—
16	1,0	2,0	2,5	3,4	*	—	—
25	1,2	2,0	2,5	3,4	4,5	*	—
35	1,2	2,0	2,5	3,4	4,5	5,5	*
50 et 70	1,4	2,0	2,5	3,4	4,5	5,5	8,0
95 et 120	1,6	2,0	2,5	3,4	4,5	5,5	8,0
150	1,8	2,0	2,5	3,4	4,5	5,5	8,0
185	2,0	2,0	2,5	3,4	4,5	5,5	8,0
240	2,2	2,2	2,6	3,4	4,5	5,5	8,0
300	2,4	2,4	2,8	3,4	4,5	5,5	8,0
400	2,6	2,6	3,0	3,4	4,5	5,5	8,0
500 à 800	2,8	2,8	3,2	3,4	4,5	5,5	8,0
1 000	3,0	3,0	3,2	3,4	4,5	5,5	8,0

\* L'emploi d'âmes conductrices de section inférieure à celles qui sont indiquées dans ces tableaux n'est pas conseillé. Cependant, si une âme de section inférieure est nécessaire, il faut soit augmenter le diamètre de l'âme par un écran sur l'âme conductrice (voir le paragraphe 5.2), soit majorer l'épaisseur de l'enveloppe isolante de manière à limiter le gradient électrique maximal, appliqué à l'enveloppe isolante sous tensions d'essai, aux valeurs calculées pour la plus petite section d'âme recommandée dans ces tableaux.

TABLE II  
PVC insulation thickness

Nominal cross-sectional area of conductor	Thickness of insulation at rated voltage ( $U_0/U$ ) kV					
	0.6/1 kV	1.8/3 kV	3.6/6 kV	6/10 kV	8.7/15 kV	12/20 kV
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1.5 and 2.5	0.8	—	—	—	—	—
4 and 6	1.0	*	*	—	—	—
10	1.0	2.2	3.4	*	—	—
16	1.0	2.2	3.4	4	*	—
25	1.2	2.2	3.4	4	5.2	*
35	1.2	2.2	3.4	4	5.2	6.4
50 and 70	1.4	2.2	3.4	4	5.2	6.4
95 and 120	1.6	2.2	3.4	4	5.2	6.4
150	1.8	2.2	3.4	4	5.2	6.4
185	2.0	2.2	3.4	4	5.2	6.4
240	2.2	2.2	3.4	4	5.2	6.4
300	2.4	2.4	3.4	4	5.2	6.4
400	2.6	2.6	3.4	4	5.2	6.4
500 to 800	2.8	2.8	3.4	4	5.2	6.4
1 000	3.0	3.0	3.4	4	5.2	6.4

TABLE III  
Polyethylene (PE) insulation thickness

Nominal cross-sectional area of conductor	Thickness of insulation at rated voltage ( $U_0/U$ ) kV						
	0.6/1 kV	1.8/3 kV	3.6/6 kV	6/10 kV	8.7/15 kV	12/20 kV	18/30 kV
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1.5 and 2.5	0.8	—	—	—	—	—	—
4 and 6	1.0	*	*	—	—	—	—
10	1.0	2.0	2.5	*	—	—	—
16	1.0	2.0	2.5	3.4	*	—	—
25	1.2	2.0	2.5	3.4	4.5	*	—
35	1.2	2.0	2.5	3.4	4.5	5.5	*
50 and 70	1.4	2.0	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0
95 and 120	1.6	2.0	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0
150	1.8	2.0	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0
185	2.0	2.0	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0
240	2.2	2.2	2.6	3.4	4.5	5.5	8.0
300	2.4	2.4	2.8	3.4	4.5	5.5	8.0
400	2.6	2.6	3.0	3.4	4.5	5.5	8.0
500 to 800	2.8	2.8	3.2	3.4	4.5	5.5	8.0
1 000	3.0	3.0	3.2	3.4	4.5	5.5	8.0

\* Any smaller conductor cross-section than those given in these tables 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 Sub-clause 5.2), or the insulation thickness shall be increased in order to limit, at the values calculated with the smallest conductor size recommended in these tables, the maximum electrical stresses applied to the insulation under test voltages.

**TABEAU IV**  
*Epaisseur de l'enveloppe isolante au polyéthylène réticulé (XLPE)*

Section nominale de l'âme	Epaisseur de l'enveloppe isolante des câbles de tension assignée ( $U_0/U$ ) kV						
	0,6/1 kV	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	18/30 kV
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1,5 et 2,5	0,7	—	—	—	—	—	—
4 et 6	0,7	*	*	—	—	—	—
10	0,7	2,0	2,5	*	—	—	—
16	0,7	2,0	2,5	3,4	*	—	—
25	0,9	2,0	2,5	3,4	4,5	*	—
35	0,9	2,0	2,5	3,4	4,5	5,5	*
50	1,0	2,0	2,5	3,4	4,5	5,5	8,0
70 et 95	1,1	2,0	2,5	3,4	4,5	5,5	8,0
120	1,2	2,0	2,5	3,4	4,5	5,5	8,0
150	1,4	2,0	2,5	3,4	4,5	5,5	8,0
185	1,6	2,0	2,5	3,4	4,5	5,5	8,0
240	1,7	2,0	2,6	3,4	4,5	5,5	8,0
300	1,8	2,0	2,8	3,4	4,5	5,5	8,0
400	2,0	2,0	3,0	3,4	4,5	5,5	8,0
500	2,2	2,2	3,2	3,4	4,5	5,5	8,0
630	2,4	2,4	3,2	3,4	4,5	5,5	8,0
800	2,6	2,6	3,2	3,4	4,5	5,5	8,0
1 000	2,8	2,8	3,2	3,4	4,5	5,5	8,0

**TABEAU V**  
*Epaisseur de l'enveloppe isolante au caoutchouc d'éthylène-propylène (EPR)*

Section nominale de l'âme	Epaisseur de l'enveloppe isolante des câbles de tension assignée ( $U_0/U$ ) kV						
	0,6/1 kV	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	18/30 kV
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1,5 et 2,5	1,0	—	—	—	—	—	—
4 et 6	1,0	*	*	—	—	—	—
10	1,0	2,2	3,0	*	—	—	—
16	1,0	2,2	3,0	3,4	*	—	—
25	1,2	2,2	3,0	3,4	4,5	*	—
35	1,2	2,2	3,0	3,4	4,5	5,5	*
50 et 70	1,4	2,2	3,0	3,4	4,5	5,5	8,0
95	1,6	2,4	3,0	3,4	4,5	5,5	8,0
120	1,6	2,4	3,0	3,4	4,5	5,5	8,0
150	1,8	2,4	3,0	3,4	4,5	5,5	8,0
185	2,0	2,4	3,0	3,4	4,5	5,5	8,0
240	2,2	2,4	3,0	3,4	4,5	5,5	8,0
300	2,4	2,4	3,0	3,4	4,5	5,5	8,0
400	2,6	2,6	3,0	3,4	4,5	5,5	8,0
500	2,8	2,8	3,2	3,4	4,5	5,5	8,0
630	2,8	2,8	3,2	3,4	4,5	5,5	8,0
800	2,8	2,8	3,2	3,4	4,5	5,5	8,0
1 000	3,0	3,0	3,2	3,4	4,5	5,5	8,0

\* L'emploi d'âmes conductrices de section inférieure à celles qui sont indiquées dans ces tableaux n'est pas conseillé. Cependant, si une âme de section inférieure est nécessaire, il faut soit augmenter le diamètre de l'âme par un écran sur l'âme conductrice (voir le paragraphe 5.2), soit majorer l'épaisseur de l'enveloppe isolante de manière à limiter le gradient électrique maximal, appliqué à l'enveloppe isolante sous tensions d'essai, aux valeurs calculées pour la plus petite section d'âme recommandée dans ces tableaux.

TABLE IV  
Cross-linked polyethylene (XLPE) insulation thickness

Nominal cross-sectional area of conductor	Thickness of insulation at rated voltage ( $U_0/U$ ) kV						
	0.6/1 kV	1.8/3 kV	3.6/6 kV	6/10 kV	8.7/15 kV	12/20 kV	18/30 kV
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1.5 and 2.5	0.7	—	—	—	—	—	—
4 and 6	0.7	*	*	—	—	—	—
10	0.7	2.0	2.5	*	—	—	—
16	0.7	2.0	2.5	3.4	*	—	—
25	0.9	2.0	2.5	3.4	4.5	*	—
35	0.9	2.0	2.5	3.4	4.5	5.5	*
50	1.0	2.0	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0
70 and 95	1.1	2.0	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0
120	1.2	2.0	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0
150	1.4	2.0	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0
185	1.6	2.0	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0
240	1.7	2.0	2.6	3.4	4.5	5.5	8.0
300	1.8	2.0	2.8	3.4	4.5	5.5	8.0
400	2.0	2.0	3.0	3.4	4.5	5.5	8.0
500	2.2	2.2	3.2	3.4	4.5	5.5	8.0
630	2.4	2.4	3.2	3.4	4.5	5.5	8.0
800	2.6	2.6	3.2	3.4	4.5	5.5	8.0
1 000	2.8	2.8	3.2	3.4	4.5	5.5	8.0

TABLE V  
Ethylene propylene rubber (EPR) insulation thickness

Nominal cross-sectional area of conductor	Thickness of insulation at rated voltage ( $U_0/U$ ) kV						
	0.6/1 kV	1.8/3 kV	3.6/6 kV	6/10 kV	8.7/15 kV	12/20 kV	18/30 kV
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1.5 and 2.5	1.0	—	—	—	—	—	—
4 and 6	1.0	*	*	—	—	—	—
10	1.0	2.2	3.0	*	—	—	—
16	1.0	2.2	3.0	3.4	*	—	—
25	1.2	2.2	3.0	3.4	4.5	*	—
35	1.2	2.2	3.0	3.4	4.5	5.5	*
50 and 70	1.4	2.2	3.0	3.4	4.5	5.5	8.0
95	1.6	2.4	3.0	3.4	4.5	5.5	8.0
120	1.6	2.4	3.0	3.4	4.5	5.5	8.0
150	1.8	2.4	3.0	3.4	4.5	5.5	8.0
185	2.0	2.4	3.0	3.4	4.5	5.5	8.0
240	2.2	2.4	3.0	3.4	4.5	5.5	8.0
300	2.4	2.4	3.0	3.4	4.5	5.5	8.0
400	2.6	2.6	3.0	3.4	4.5	5.5	8.0
500	2.8	2.8	3.2	3.4	4.5	5.5	8.0
630	2.8	2.8	3.2	3.4	4.5	5.5	8.0
800	2.8	2.8	3.2	3.4	4.5	5.5	8.0
1 000	3.0	3.0	3.2	3.4	4.5	5.5	8.0

\* Any smaller conductor cross-section than those given in these tables 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 Sub-clause 5.2), or the insulation thickness shall be increased in order to limit, at the values calculated with the smallest conductor size recommended in these tables, the maximum electrical stresses applied to the insulation under test voltages.

## SECTION TROIS — PRESCRIPTIONS D'ESSAI

### 13. Conditions d'essais

#### 13.1 *Température ambiante*

Sauf spécification contraire précisée pour un essai particulier, les essais diélectriques doivent être effectués à une température ambiante de  $20 \pm 10$  °C et les autres essais à  $20 \pm 5$  °C.

#### 13.2 *Fréquence et forme d'onde des tensions d'essai à fréquence industrielle*

La fréquence des tensions d'essai alternatives 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.

#### 13.3 *Forme d'onde des tensions d'essai de choc*

Conformément à la Publication 230 de la CEI: Essais de choc des câbles et leurs accessoires, le front d'onde doit être compris entre 1  $\mu$ s et 5  $\mu$ s, et la durée jusqu'à la moitié de la valeur de crête comprise entre 40  $\mu$ s et 60  $\mu$ s; l'onde de choc doit, en outre, être conforme à la Publication 60 de la CEI: Techniques des essais à haute tension.

### 14. Essais individuels

#### 14.1 *Généralités*

Les essais individuels prescrits par cette norme sont:

- a) mesure de la résistance électrique des conducteurs (voir le paragraphe 14.2);
- b) essai de rigidité diélectrique (voir le paragraphe 14.3);
- c) essai de décharge partielle (voir le paragraphe 14.4) pour les câbles isolés au butyle, polyéthylène ou XLPE de tension supérieure à 1,8/3 kV et pour les câbles isolés au PVC ou à l'EPR de tension supérieure à 3,6/6 kV.

Les essais individuels sont normalement effectués sur toutes les longueurs de câbles, mais le nombre des longueurs peut être réduit par accord entre le constructeur et l'acheteur (en faisant référence, par exemple, aux résultats du contrôle de qualité).

#### 14.2 *Résistance électrique des conducteurs*

- a) Pour les câbles à plusieurs conducteurs, la mesure doit être faite sur tous les conducteurs de chaque longueur de câble choisie pour les essais individuels, y compris le conducteur concentrique, s'il existe.
- b) La longueur de câble complète, ou l'échantillon prélevé sur elle, est placée dans le local d'essai (maintenu à une température sensiblement constante) pendant au moins 12 h avant l'essai. Si l'on doute que la température du conducteur soit égale à celle du local, on mesure la résistance de l'âme du conducteur après un séjour de 24 h dans le local d'essai. On peut également mesurer la résistance sur un échantillon de conducteur conditionné pendant 1 h dans un bain d'huile à température régulée.

## SECTION THREE — TEST REQUIREMENTS

### 13. Test conditions

#### 13.1 Ambient temperature

Unless otherwise specified in the details for the particular test, voltage tests shall be made at an ambient temperature of  $20 \pm 10$  °C and other tests at an ambient temperature of  $20 \pm 5$  °C.

#### 13.2 Frequency and waveform of power frequency test voltages

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

#### 13.3 Waveform of impulse test voltages

In accordance with IEC Publication 230, Impulse Test on Cables and Their Accessories, the impulse wave shall have a virtual front time between 1  $\mu$ s and 5  $\mu$ s and a nominal time to half the peak value between 40  $\mu$ s and 60  $\mu$ s, and in other respects shall be in accordance with IEC Publication 60, High-voltage Test Techniques.

### 14. Routine tests

#### 14.1 General

The routine tests required by this standard are:

- a) Measurement of the electrical resistance of conductors (see Sub-clause 14.2);
- b) High-voltage test (see Sub-clause 14.3);
- c) Partial discharge test (see Sub-clause 14.4) on cables insulated with butyl, PE or XLPE for voltages above 1.8/3 kV and cables insulated with PVC or EPR for voltages above 3.6/6 kV.

The routine tests shall normally be carried out on all finished cable lengths, but the number of lengths may be reduced by agreement between the purchaser and the manufacturer (making reference, for instance, to results of quality control procedures).

#### 14.2 Electrical resistance of conductors

- a) For multicore cables, the measurement shall be made on all the conductors of each cable length selected for the routine tests, including the concentric conductor, if any.
- b) The complete cable length, or a sample therefrom, shall be in the test room, which shall be maintained at a reasonably constant temperature, for at least 12 h before the test. If it is doubtful whether the conductor temperature is the same as the room temperature, the resistance shall be measured after the cable has been in the test room for 24 h. Alternatively, the resistance shall be measured on a sample of conductor, conditioned for at least 1 h in a temperature-controlled oil bath.

La résistance mesurée doit être ramenée à la résistance de 1 km de câble à une température de 20 °C au moyen des formules et facteurs indiqués à l'article 5 de la Publication 228 de la C.E.I.

- c) La résistance de chaque conducteur en courant continu à 20 °C ne doit pas être supérieure à la valeur correspondante indiquée par la Publication 228 de la C.E.I. Pour les conducteurs concentriques, la résistance doit être conforme aux règles et/ou aux normes nationales.

#### 14.3 Essai de rigidité diélectrique

##### a) Généralités

On effectue l'essai de rigidité diélectrique à la température ambiante en appliquant une tension alternative d'essai à fréquence industrielle ou une tension continue au choix du fabricant.

##### b) Méthode d'essai pour les câbles à un seul conducteur

Les câbles à un conducteur avec écran doivent être soumis à la tension d'essai pendant 5 min entre le conducteur et l'écran métallique.

Les câbles à un conducteur sans écran doivent être immergés dans l'eau à la température ambiante pendant 1 h; la tension d'essai est ensuite appliquée pendant 5 min entre le conducteur et l'eau.

*Note.* — Un essai à l'aide d'un détecteur de défaut est à l'étude pour les câbles à un conducteur sans écran ni autre revêtement métallique.

##### c) Méthode d'essai pour les câbles à plusieurs conducteurs

Les câbles à plusieurs conducteurs avec écrans individuels sur chaque conducteur doivent être soumis à la tension d'essai pendant 5 min entre chaque âme et l'écran ou le revêtement métallique.

Pour les câbles à plusieurs conducteurs sans écran individuel sur chaque conducteur, la tension d'essai doit être appliquée pendant 5 min successivement entre chaque conducteur isolé et tous les autres conducteurs et les revêtements métalliques, s'il y a lieu. Les conducteurs peuvent être reliés convenablement pour des applications successives de la tension de façon à limiter la durée de l'essai, pourvu que l'ordre des connexions soit tel que la tension soit appliquée au moins 5 min sans interruption entre chacun des conducteurs et les autres et entre chaque conducteur et le revêtement métallique, s'il existe.

##### d) Valeurs des tensions d'essai

La tension d'essai à fréquence industrielle doit être de  $2,5 U_0 + 2$  kV pour les câbles dont la tension assignée est inférieure ou égale à 3,6/6 kV, et de  $2,5 U_0$  pour les câbles dont la tension assignée est supérieure.

Le tableau suivant donne les valeurs de la tension d'essai pour les tensions assignées normales (essai monophasé):

Tension assignée $U_0$ (kV)	0,6	1,8	3,6	6	8,7	12	18
Tension d'essai efficace (kV)	3,5	6,5	11	15	22	30	45

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

The measured value of resistance shall be corrected to a temperature of 20 °C and 1 km length in accordance with the formulae and factors given in Clause 5 of IEC Publication 228.

- c) The d.c. resistance of each conductor at 20 °C shall not exceed the appropriate maximum value specified in IEC Publication 228. For concentric conductors the resistance shall comply with national regulations and/or standards.

### 14.3 High-voltage test

#### a) General

The high-voltage test shall be made at ambient temperature, using either alternating voltage at power frequency or direct voltage, at the manufacturer's option.

#### b) Test procedure for single-core cables

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

Single-core unscreened cables shall be immersed in water at room temperature for 1 h and the test voltage then applied for 5 min between the conductor and the water.

*Note.* — A spark test is under consideration for single-core cables without screen or other metallic covering.

#### c) Test procedure for multicore cables

For multicore cables with individually screened cores, the test voltage shall be applied for 5 min between each conductor and the metallic screen or metallic covering.

For multicore cables without individually screened cores, the test voltage shall be applied for 5 min in succession between each insulated conductor and all the other conductors and metallic coverings, if any. The conductors may be suitably connected for successive applications of the test voltage to limit the total testing time, provided that the sequence of connections ensures that the voltage is applied for at least 5 min without interruption between each conductor and each other conductor and between each conductor and the metallic coverings, if any.

#### d) Test voltages

The power frequency test voltage shall be  $2.5 U_0 + 2$  kV for cables of rated voltages up to and including 3.6/6 kV, and  $2.5 U_0$  for cables of higher rated voltages.

Values of single phase test voltage for the standard rated voltages are given in the following table:

Rated voltage $U_0$	(kV)	0.6	1.8	3.6	6	8.7	12	18
Test voltage r.m.s.	(kV)	3.5	6.5	11	15	22	30	45

If, for three-core cables, the voltage test is carried out with a three-phase transformer, the test voltage between the phases shall be 1.73 times the values given in this table.

Quand on applique une tension continue, la tension appliquée doit être égale à 2,4 fois la valeur de la tension à fréquence industrielle.

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

*e) Prescription*

Il ne doit pas se produire de perforation de l'isolant.

14.4 *Essai de décharge partielle*

- a) Cet essai doit être effectué sur les câbles isolés au caoutchouc butyle, au PE et au XLPE dont la tension assignée est supérieure à 1,8/3 kV, et sur les câbles isolés à l'EPR et au PVC dont la tension assignée est supérieure à 3,6/6 kV.

Dans le cas des câbles à plusieurs conducteurs, l'essai doit être effectué sur toutes les âmes isolées en appliquant la tension entre chaque conducteur et l'écran métallique.

- b) L'essai de décharge partielle doit être effectué comme indiqué à l'article 3 de la Publication 540 de la CEI: Méthodes d'essais pour les enveloppes isolantes et les gaines des câbles électriques rigides et souples (mélanges élastomères et thermoplastiques), la plus petite impulsion de décharge détectable étant inférieure ou égale à 20 pC pour le butyle, l'EPR, le PE et le XLPE et inférieure ou égale à 40 pC pour le PVC.
- c) L'amplitude de décharge partielle à  $1,25 U_0$  ne doit pas être supérieure à 20 pC pour le butyle, l'EPR, le PE et le XLPE et 40 pC pour le PVC.

15. **Essais spéciaux**

15.1 *Généralités*

Les essais spéciaux prescrits par cette norme sont:

- a) examen de l'âme du conducteur (voir le paragraphe 15.3);
- b) vérifications dimensionnelles (voir les paragraphes 15.4 à 15.8);
- c) essai électrique pour les câbles de tension assignée supérieure à 3,6/6 kV (voir le paragraphe 15.9);
- d) essai d'allongement à chaud de l'EPR et du XLPE (voir le paragraphe 15.10);
- e) essais à basse température pour le PVC (voir le paragraphe 15.11).

15.2 *Fréquence des essais spéciaux*

a) *Examen du conducteur et vérification dimensionnelle*

Si l'acheteur le demande, on doit effectuer l'examen du conducteur, les mesures d'épaisseurs d'isolation et de gaines et les mesures de diamètres extérieurs sur une longueur de chaque série de fabrication du même type et de même dimension de câble, le nombre de longueurs étant toutefois limité à 10% du nombre total des longueurs de la commande.

When direct voltage is used, the applied voltage shall be 2.4 times the power frequency test voltage.

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

*e) Requirement*

No breakdown of the insulation shall occur.

14.4 *Partial discharge test*

- a) The partial discharge test shall be made on cables insulated with butyl rubber, PE and XLPE of rated voltages above 1.8/3 kV, and on cables insulated with EPR and PVC of rated voltages above 3.6/6 kV.

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

- b) The test shall be carried out in accordance with Clause 3 of IEC Publication 540, Test Methods for Insulation and Sheaths of Electric Cables and Cords (Elastomeric and Thermoplastic Compounds), the minimum detectable discharge pulse being 20 pC or less for butyl, EPR, PE and XLPE and 40 pC or less for PVC.
- c) The magnitude of the discharge at  $1.25 U_0$  shall not exceed 20 pC for butyl, EPR, PE and XLPE and 40 pC for PVC.

15. **Special tests**

15.1 *General*

The special tests required by this standard are:

- a) conductor examination (see Sub-clause 15.3);
- b) check of dimensions (see Sub-clauses 15.4 to 15.8);
- c) an electrical test for cables of rated voltage above 3.6/6 kV (see Sub-clause 15.9);
- d) hot set test for EPR and XLPE insulation (see Sub-clause 15.10);
- e) tests at low temperature for PVC (see Sub-clause 15.11).

15.2 *Frequency of special tests*

a) *Conductor examination and check of dimensions*

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

*b) Essais électriques et physiques*

Les essais spécifiés sont effectués, par accord entre l'acheteur et le constructeur, sur des échantillons prélevés sur les câbles fabriqués pour la fourniture sur les bases suivantes, à condition que la longueur totale de la fourniture dépasse 2 km pour les câbles à plusieurs conducteurs ou 4 km pour les câbles à un conducteur.

Longueur de câble				Nombre d'échantillons
Câbles à plusieurs conducteurs		Câbles à un conducteur		
Supérieure à	Inférieure ou égale à	Supérieure à	Inférieure ou égale à	
(km)	(km)	(km)	(km)	
2	10	4	20	1
10	20	20	40	2
20	30	40	60	3
etc.		etc.		etc.

15.3 *Examen de l'âme du conducteur*

On vérifie, par examen ou par mesure, lorsque cela est possible, que l'âme réponde aux prescriptions de la Publication 228 de la CEI.

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

*a) Echantillonnage*

Chaque longueur de câble choisie est représentée par deux tronçons de câble prélevés aux deux extrémités, après élimination éventuelle des parties endommagées.

Dans le cas des câbles ayant plus de trois conducteurs de même section nominale, le nombre de conducteurs sur lesquels portent les mesures doit être limité à trois conducteurs ou 10% des conducteurs, selon la plus grande valeur.

Si l'épaisseur moyenne mesurée, ou la plus petite valeur mesurée sur l'un des deux échantillons, ne répond pas aux prescriptions spécifiées au paragraphe 15.4c), deux autres échantillons de câble doivent être prélevés. Si ces deux échantillons supplémentaires répondent aux prescriptions, le câble est réputé bon. Mais si l'un des échantillons n'est pas conforme aux prescriptions, le câble est considéré comme non satisfaisant.

*b) Mode opératoire*

La méthode d'essai est celle décrite à l'article 4 de la Publication 540 de la CEI.

*c) Prescriptions*

Pour chaque tronçon de conducteur, la moyenne des valeurs mesurées, qui doit être arrondie à 0,1 mm près (voir l'annexe B), ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale spécifiée et la plus petite des valeurs ne doit pas être inférieure de plus de 0,1 mm, à 90% de la valeur nominale spécifiée.

*b) Electrical and physical tests*

By agreement between the purchaser and manufacturer, the test specified shall be made on samples taken from cables manufactured for the contract, provided that the total length in the contract exceeds 2 km of multicore cables or 4 km of single-core cables, on the following basis:

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

15.3 *Conductor examination*

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

15.4 *Measurement of thickness of insulation*

*a) Sampling*

Each cable length selected for the test shall be represented by two pieces of cable, taken one from each end after having discarded, if necessary, any portion which may have suffered damage.

For cables having more than three cores of equal nominal cross-section, the number of cores on which the measurement is made shall be limited to either three cores or 10% of the cores, whichever is the larger.

If the average thickness measured, or the lowest value measured on one of the two pieces, fails to meet the requirements specified in Sub-clause 15.4c), two other pieces shall be checked. If both of the further pieces meet the specified requirements, the cable is deemed to comply, but if either does not meet the requirements the cable is deemed not to comply.

*b) Procedure*

The test procedure shall be in accordance with Clause 4 of IEC Publication 540.

*c) Requirements*

For each piece of core, the average values, which shall be rounded off to the nearest 0.1 mm (see Appendix B), shall be not less than the specified nominal thickness and the smallest value shall not fall below 90% of the specified nominal thickness by more than 0.1 mm.

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

a) *Echantillonnage*

Chaque longueur de câble choisie est représentée par deux tronçons de câble prélevés aux deux extrémités, après élimination éventuelle des parties endommagées.

Si l'un des deux échantillons ne répond pas aux prescriptions spécifiées au paragraphe 15.5c), deux autres échantillons de câble doivent être prélevés. Si ces deux échantillons supplémentaires répondent aux prescriptions, le câble est réputé bon. Mais si l'un des échantillons n'est pas conforme aux prescriptions, le câble est considéré comme non satisfaisant.

b) *Mode opératoire*

La méthode d'essai est celle décrite à l'article 4 de la Publication 540 de la CEI.

c) *Prescriptions*

Chaque échantillon de gaine doit satisfaire aux prescriptions suivantes:

Pour une gaine appliquée sur une surface cylindrique régulière (par exemple sur des revêtements internes, une gaine métallique ou l'isolation d'un mono-conducteur):

la moyenne des valeurs mesurées, qui doit être arrondie à 0,1 mm près (voir l'annexe B), ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale spécifiée;

la plus petite valeur ne doit pas être inférieure de plus de 0,1 mm, à 85% de la valeur nominale spécifiée.

Dans le cas des gaines appliquées sur une surface cylindrique irrégulière (par exemple sur une gaine formant bourrage sur un câble multiconducteur non armé sans revêtement interne ou une gaine appliquée directement sur une armure, un écran métallique ou des conducteurs concentriques) et pour des gaines de séparation, la plus petite valeur mesurée ne doit pas être inférieure de plus de 0,2 mm, à 80% de la valeur nominale spécifiée.

15.6 *Mesure de l'épaisseur de la gaine métallique*

A l'étude.

15.7 *Mesure sur les fils et rubans d'armure*

A l'étude.

15.8 *Mesure des diamètres extérieurs*

Si la mesure du diamètre extérieur du câble est exigée à titre d'essai spécial, elle doit être effectuée conformément à l'article 4 de la Publication 540 de la CEI.

15.9 *Essai de rigidité diélectrique de 4 h*

Cet essai n'est applicable que pour les câbles de tension assignée supérieure à 3,6/6 kV.

a) *Echantillonnage*

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

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

a) *Sampling*

Each cable length selected for the test shall be represented by two pieces of cable, taken one from each end after having discarded, if necessary, any portion which may have suffered damage.

If the average thickness measured or the lowest value measured on one of the two pieces fails to meet the requirements specified in Sub-clause 15.5c), two other pieces shall be checked. If both of the further pieces meet the specified requirements, the cable is deemed to comply, but if either does not meet the requirements the cable is deemed not to comply.

b) *Procedure*

The test procedure shall be in accordance with Clause 4 of IEC Publication 540.

c) *Requirements*

Each piece of sheath shall comply with the following:

For a sheath applied on a smooth cylindrical surface (e.g. on an inner covering, a metal sheath or the insulation of a single core):

the average, which shall be rounded off to the nearest 0.1 mm (see Appendix B) of the measured values shall be not less than the specified nominal thickness;

the smallest value shall not fall below 85% of the specified nominal thickness by more than 0.1 mm.

For a sheath applied on an irregular cylindrical surface (e.g. a penetrating sheath on an unarmoured multicore cable without inner covering or a sheath applied directly over armour, a metallic screen or concentric conductor), and for a separation sheath, the smallest measured value shall not fall below 80% of the specified nominal thickness by more than 0.2 mm.

15.6 *Measurement of thickness of metal sheath*

Under consideration.

15.7 *Measurement of armouring wires and tapes*

Under consideration.

15.8 *Measurement of external diameter*

If the measurement of the external diameter of the cable is required as a special test, it shall be carried out in accordance with Clause 4 of IEC Publication 540.

15.9 *High-voltage test for 4 h*

This test is applicable only to cables of rated voltage above 3.6/6 kV.

a) *Sampling*

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

*b) Mode opératoire*

Une tension à fréquence industrielle doit être appliquée, entre chaque conducteur et l'écran ou le revêtement métallique, pendant 4 h à la température ambiante.

*c) Tension d'essai*

La tension d'essai doit être de  $3 U_0$ .

Les valeurs de la tension d'essai correspondant aux tensions assignées normales sont indiquées dans le tableau suivant:

Tension assignée $U_0$ (kV)	6	8,7	12	18
Tension d'essai (kV)	18	26	36	54

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

*d) Prescriptions*

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

15.10 *Essai d'allongement à chaud de l'EPR et du XLPE*

*a) Mode opératoire*

L'échantillonnage et la méthode d'essai doivent être en accord avec le paragraphe 14.1 de la Publication 540 de la CEI et les valeurs données au tableau XII, page 80.

*b) Prescriptions*

Les résultats des essais doivent être conformes aux valeurs données au tableau XII.

15.11 *Méthode d'essai pour le comportement à basse température des isolations et gaines en PVC*

*a) Mode opératoire*

L'échantillonnage et la méthode d'essai doivent être en accord avec l'article 9 de la Publication 540 de la CEI et les valeurs données au tableau X, page 76.

*b) Prescriptions*

Les résultats des essais doivent être conformes aux prescriptions de l'article 9 de la Publication 540 de la CEI.

16. **Essais électriques de type**

16.1 *Câbles isolés au butyle, au PE ou au XLPE de tension assignée supérieure à 1,8/3 kV et pour les câbles isolés au PVC ou à l'EPR de tension assignée supérieure à 3,6/6 kV*

*a)* Pour ces câbles, on effectue les essais électriques de type énumérés au paragraphe 16.1.1 sur un échantillon de câble terminé mesurant de 10 m à 15 m de longueur entre les accessoires d'essai.

*b)* Avec les exceptions indiquées aux paragraphes 16.1.2*a)* et 16.1.2*c)*, tous les essais énumérés au paragraphe 16.1.1 doivent être effectués successivement sur le même échantillon.

*b) Procedure*

A power frequency voltage shall be applied for 4 h at room temperature between each conductor and the metallic screen(s) or covering(s).

*c) Test voltage*

The test voltage shall be  $3 U_0$ .

Values of the test voltage for the standard rated voltages are given in the following table:

Rated voltage $U_0$ (kV)	6	8.7	12	18
Test voltage (kV)	18	26	36	54

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

*d) Requirements*

No breakdown of the insulation shall occur.

**15.10 Hot set test for EPR and XLPE insulation**

*a) Procedure*

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with Sub-clause 14.1 of IEC Publication 540, employing the conditions given in Table XII, page 81.

*b) Requirements*

The test results shall comply with the requirements given in Table XII.

**15.11 Test for the behaviour of PVC insulation and sheath at low temperatures**

*a) Procedure*

The sampling and test procedure shall be in accordance with Clause 9 of IEC Publication 540, employing the test temperature specified in Table X, page 77.

*b) Requirements*

The test results shall comply with the requirements given in Clause 9 of IEC Publication 540.

**16. Type tests, electrical**

**16.1 Cables insulated with butyl, PE or XLPE of rated voltages above 1.8/3 kV and cables insulated with PVC or EPR of rated voltages above 3.6/6 kV**

*a)* For these cables, the electrical type tests listed in Sub-clause 16.1.1 shall be performed on a sample of completed cable 10 m to 15 m in length between the test accessories.

*b)* With the exception of the provisions of Sub-clause 16.1.2*a)* and 16.1.2*c)*, all the tests listed in Sub-clause 16.1.1 shall be applied successively to the same sample.

- c) Dans le cas des câbles multipolaires, chacun des essais ou des mesures doit être effectué sur tous les conducteurs.

#### 16.1.1 Série d'essais

La série normale d'essais doit s'effectuer dans l'ordre suivant:

- a) mesure de la résistance d'isolement à la température ambiante (voir le paragraphe 16.1.3);
- b) essai de décharges partielles (voir le paragraphe 16.1.4);
- c) essai d'enroulement suivi d'un essai de décharges partielles. L'amplitude de la décharge sous une tension de  $1,25 U_0$  doit être enregistrée (voir le paragraphe 16.1.5);
- d) mesure de  $\text{tg } \delta$  en fonction de la tension et mesure de la capacité (voir le paragraphe 16.1.6, voir aussi le paragraphe 16.1.2c));
- e) mesure de  $\text{tg } \delta$  en fonction de la température (voir le paragraphe 16.1.7, voir aussi le paragraphe 16.1.2c));
- f) mesure de la résistance d'isolement à la température de service (voir le paragraphe 16.1.8);
- g) essai de cycles de chauffage, suivi d'un essai de décharges partielles. L'amplitude de la décharge sous une tension de  $1,25 U_0$  doit être enregistrée (voir le paragraphe 16.1.9);
- h) essai de tenue aux ondes de choc, suivi d'un essai sous tension à fréquence industrielle (voir le paragraphe 16.1.10);
- i) essai de rigidité diélectrique en courant alternatif (voir le paragraphe 16.1.11).

#### 16.1.2 Dispositions particulières

- a) Les essais a), d), e) et f) peuvent être effectués sur des échantillons différents de celui utilisé (voir le paragraphe 16.1) pour la série normale d'essais énumérée au paragraphe 16.1.1.
- b) Un nouvel échantillon est prélevé pour l'essai i), à condition qu'il soit soumis préalablement aux essais c) et g).
- c) Les câbles dont la tension assignée est inférieure à 6/10 kV ne sont pas soumis aux essais d) et e).

#### 16.1.3 Résistance d'isolement à la température ambiante

##### a) Conditions d'essai

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

La mesure doit être effectuée entre le conducteur et l'écran, à la température ambiante.

Lorsque la résistance d'isolement des matériaux isolants est fortement influencée par la température, comme c'est le cas pour le PVC, l'échantillon doit être maintenu à la température du laboratoire pendant les 24 h qui précèdent la mesure.

Si nécessaire, la mesure peut être confirmée à  $20 \pm 1$  °C.

La tension d'essai continue doit être de 300 V à 500 V et elle doit être appliquée pendant une durée suffisante pour que l'on obtienne une lecture stable, mais au moins pendant 1 min.

##### b) Calculs

La résistivité transversale est calculée à partir de la résistance d'isolement mesurée au moyen de la formule suivante:

c) In multicore cables, each test or measurement shall be carried out on all the cores.

#### 16.1.1 *Sequence of tests*

The normal sequence of tests shall be:

- a) insulation resistance measurement at room temperature (see Sub-clause 16.1.3);
- b) partial discharge test (see Sub-clause 16.1.4);
- c) bending test, plus partial discharge test. The magnitude of the discharge at  $1.25 U_0$  shall be recorded (see Sub-clause 16.1.5);
- d)  $\tan \delta$  measurement as a function of the voltage and capacitance measurement (see Sub-clauses 16.1.6 and 16.1.2c));
- e)  $\tan \delta$  measurement as a function of the temperature (see Sub-clauses 16.1.7 and 16.1.2c));
- f) insulation resistance measurement at operating temperature (Sub-clause 16.1.8);
- g) heating cycle test plus partial discharge test. The magnitude of the discharge at  $1.25 U_0$  shall be recorded (see Sub-clause 16.1.9);
- h) impulse withstand test, followed by a power frequency voltage test (see Sub-clause 16.1.10);
- i) high voltage alternating current test (see Sub-clause 16.1.11).

#### 16.1.2 *Special provisions*

- a) Tests a), d), e) and f) may be carried out on different samples from the sample used (see Sub-clause 16.1) for the normal sequence of tests listed in Sub-clause 16.1.1.
- b) A new sample may be taken for Test i), provided this test sample is submitted previously to Tests c) and g).
- c) Tests d) and e) are not required on cables with rated voltage below 6/10 kV.

#### 16.1.3 *Insulation resistance measurement at room temperature*

##### a) *Test conditions*

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

The measurement shall be made between the conductor and the screen at room temperature.

When the insulation resistance of the insulating materials is strongly influenced by temperature, as in the case of PVC, the sample shall be stored at room temperature for 24 h before the measurement.

If requested, measurement may be confirmed at  $20 \pm 1$  °C.

The d.c. test voltage shall be 300 V to 500 V, and shall be applied for a sufficient time to reach steady measurement, but not less than 1 min.

##### b) *Calculation*

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

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

où:

$\rho$  = résistivité transversale en ohms-centimètres

$R$  = résistance d'isolement mesurée en ohms

$l$  = longueur du câble en centimètres

$D$  = diamètre extérieur de l'isolation en millimètres

$d$  = diamètre intérieur de l'isolation en millimètres

On peut aussi calculer la « constante d'isolement  $K_1$  » au moyen de la formule suivante:

$$K_1 = \frac{l R \times 10^{-11}}{\log_{10} \frac{D}{d}} = 10^{-11} \times 0,367 \rho, \text{ M}\Omega \cdot \text{km}$$

c) *Prescriptions*

Les valeurs calculées à l'aide des mesures ne doivent pas être inférieures aux valeurs indiquées au tableau VI, page 69.

16.1.4 *Essais de décharges partielles*

L'essai de décharges partielles doit être effectué conformément à l'article 3 de la Publication 540 de la CEI.

L'amplitude des décharges à  $1,25 U_0$  doit être mesurée et notée. Cette valeur ne doit pas être supérieure à 20 pC pour le PE, le XLPE, le butyle et l'EPR et à 40 pC pour le PVC.

16.1.5 *Essai d'enroulement*

a) L'échantillon doit être enroulé autour d'un cylindre d'essai (par exemple le tambour d'un touret) à la température ambiante, sur un tour complet au moins. On déroule ensuite l'échantillon et on répète l'opération après avoir fait tourner l'échantillon de  $180^\circ$  autour de son axe.

Ce cycle d'opérations doit être encore répété deux fois.

b) Le diamètre du cylindre d'essai doit être:

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

— pour les câbles multipolaires  $15 (d + D) \pm 5\%$ ;

où:

$D$  = diamètre externe réel du tronçon de câble en millimètres

$d$  = diamètre réel du conducteur en millimètres

Si le conducteur n'est pas circulaire:

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

où  $S$  est la section nominale en millimètres carrés

c) A la fin de cet essai, l'échantillon doit être soumis à une mesure des décharges partielles et doit répondre aux prescriptions du paragraphe 16.1.4.

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

where:

- $\rho$  = volume resistivity in ohm centimetres
- $R$  = measured insulation resistance in ohms
- $l$  = length of the cable in centimetres
- $D$  = outer diameter of the insulation in millimetres
- $d$  = inner diameter of the insulation in millimetres

Also the “insulation resistance constant  $K_1$ ” may be calculated, using the formula:

$$K_1 = \frac{l R \times 10^{-11}}{\log_{10} \frac{D}{d}} = 10^{-11} \times 0.367 \rho, \text{ M}\Omega \cdot \text{km}$$

c) *Requirements*

The values calculated from the measurement shall not be less than those specified in Table VI, page 69.

16.1.4 *Partial discharge test*

The partial discharge test shall be carried out as described in Clause 3 of IEC Publication 540.

The magnitude of the discharge at  $1.25 U_0$  shall be measured and recorded. This value shall not be higher than 20 pC for PE, XLPE, butyl and EPR or higher than 40 pC for PVC.

16.1.5 *Bending test*

- a) The sample shall be bent around a test cylinder (for example the hub of a drum) at room temperature for at least one complete turn. It shall then be unwound and the process shall be repeated after rotating the sample through  $180^\circ$  about its axis.

This cycle of operations shall then be repeated twice more.

- b) The diameter of the cylinder shall be:

- for single-core cables  $20 (d + D) \pm 5\%$ ;
- for multicore cables  $15 (d + D) \pm 5\%$ ;

where:

- $D$  = actual external diameter of the cable sample in millimetres
- $d$  = actual diameter of the conductor in millimetres

If the conductor is not circular:

$$d = 1.13 \sqrt{S} \text{ mm}$$

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

- c) On completion of this test, the sample shall be subjected to a partial discharge measurement and shall comply with the requirements given in Sub-clause 16.1.4.

16.1.6 *Mesure de  $\tan \delta$  en fonction de la tension et mesure de la capacité* (pour les câbles de tension assignée supérieure ou égale à 6/10 kV)

- a) Le facteur de puissance de l'échantillon, conditionné mécaniquement comme indiqué au paragraphe 16.1.5, doit être mesuré à la température ambiante, sous des tensions alternatives, à fréquence industrielle, égales à  $0,5 U_0$  et  $2 U_0$ .
- b) Les valeurs mesurées ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées au tableau VI, page 68.
- c) La capacité de l'échantillon doit être mesurée à  $U_0$  au cours de cet essai.

16.1.7 *Mesure de  $\tan \delta$  en fonction de la température* (pour les câbles de tension assignée supérieure ou égale à 6/10 kV)

- a) L'échantillon de câble terminé doit être chauffé à l'aide de l'une des méthodes décrites ci-dessous; dans chaque cas, la température du conducteur doit être déterminée soit en mesurant la résistance du conducteur, soit à l'aide d'un thermomètre placé dans le bain, dans l'étuve ou à la surface de l'écran.

L'échantillon doit être placé soit dans une cuve de liquide, soit dans une étuve, ou bien chauffé par un courant appliqué à l'écran métallique sur isolant.

Pour les câbles isolés au butyle, à l'EPR, au PE ou au XLPE, on élève progressivement la température jusqu'à ce que le conducteur atteigne la température assignée maximale indiquée au paragraphe 1.4.

Pour les câbles isolés au PVC/B, on élève progressivement la température jusqu'à ce que le conducteur atteigne  $60^\circ\text{C}$ , la température assignée maximale ( $70^\circ\text{C}$ ),  $80^\circ\text{C}$  et  $85^\circ\text{C}$ . Cette température doit être maintenue dans une limite de  $\pm 2^\circ\text{C}$  pendant 2 h avant chaque mesure.

- b) Le facteur de puissance doit être mesuré sous une tension alternative, à fréquence industrielle, de 2 kV, à la température indiquée ci-dessus ou, pour le PVC/B, à chaque température spécifiée ci-dessus.
- c) Pour le PVC/B, la capacité de l'échantillon doit être mesurée à chaque température en même temps.
- d) Les valeurs doivent être conformes aux valeurs données au tableau VI.

16.1.8 *Mesure de la résistance d'isolement à la température assignée maximale*

On amène l'échantillon à la température assignée maximale de l'isolation au moyen d'une des méthodes décrites au paragraphe 16.1.7a), puis on soumet l'échantillon à une mesure de résistance d'isolement à cette température. La tension d'essai continue doit être de 300 V à 500 V. La lecture doit être faite après stabilisation complète du courant, mais au moins 1 min après l'application de la tension.

La résistivité transversale et/ou la constante d'isolement sont calculées à partir de la résistance d'isolement au moyen des formules données au paragraphe 16.1.3b).

16.1.9 *Essai de cycles de chauffage*

- a) On dispose l'échantillon, ayant subi les essais précédents, sur le sol de la salle d'essais et on le chauffe en faisant passer un courant alternatif dans l'âme conductrice jusqu'à ce qu'elle atteigne une température constante supérieure de  $10^\circ\text{C}$  à la température assignée maximale de l'enveloppe isolante.

Pour les câbles à plusieurs conducteurs, on applique le courant de chauffage sur tous les conducteurs.

16.1.6 *Tan  $\delta$  measurement as a function of the voltage and capacitance measurement* (for cables of rated voltage 6/10 kV and above)

- a) The power factor of the sample, mechanically conditioned as described in Sub-clause 16.1.5, shall be measured at ambient temperature, with alternating voltage at power frequency of  $0.5 U_0$  and  $2 U_0$ .
- b) The measured values shall not exceed those given in Table VI, page 69.
- c) The capacitance of the sample shall be measured at  $U_0$  at the same time.

16.1.7 *Tan  $\delta$  measurement as a function of the temperature* (for cables of rated voltage 6/10 kV and above)

- a) The sample of completed cable shall be heated by one of the methods described below; in each method, the temperature of the conductor shall be determined either by measuring the conductor resistance or by a thermometer in the bath or oven or on the surface of the screen.

The sample shall be placed either in a tank of liquid or in an oven, or heating current shall be passed through the metallic insulation screen.

For cables insulated with butyl, EPR, PE or XLPE the temperature shall be raised gradually until the conductor has reached the highest rated temperature given in Sub-clause 1.4.

For cables insulated with PVC/B, the temperature shall be raised gradually in turn to 60 °C, the maximum rated temperature (70 °C), 80 °C and 85 °C. The temperature shall be maintained at each required level within  $\pm 2$  °C for 2 h before the following measurements are made.

- b) The power factor shall be measured with an alternating voltage of 2 kV at power frequency, at the temperature specified above or, for PVC/B, at each of the temperatures specified above.
- c) For PVC/B, the capacitance of the sample shall be measured at each temperature at the same time.
- d) The measured values shall comply with the requirements given in Table VI.

16.1.8 *Insulation resistance measurement at maximum rated temperature*

The sample shall be heated to the maximum rated temperature of the insulation as described in Sub-clause 16.1.7a) and shall then be subjected to an insulation resistance measurement at this temperature. The d.c. test voltage shall be 300 V to 500 V. The reading shall be made after full stabilization of the current and not less than 1 min after application of the voltage.

The volume resistivity and/or the insulation resistance constant shall be calculated from the insulation resistance by the formulae given in Sub-clause 16.1.3b).

16.1.9 *Heating cycle test*

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

For multicore cables, the heating current shall be passed through all conductors.

Ce courant de chauffage doit être appliqué pendant au moins 2 h; on laisse ensuite l'échantillon refroidir naturellement à l'air pendant au moins 4 h.

Ce cycle doit être répété deux fois encore.

- b) Après le troisième cycle, on effectue sur l'échantillon les mesures de décharges partielles décrites au paragraphe 16.1.4; aux prescriptions desquelles l'échantillon doit satisfaire.

#### 16.1.10 Essai de tenue aux ondes de choc suivi d'un essai de tension alternative

- a) Cet essai doit être effectué sur l'échantillon à une température du conducteur supérieure de 5 °C à la température assignée maximale de service de l'enveloppe isolante.

La tension de choc devra être appliquée conformément au mode opératoire indiqué dans la Publication 230 de la CEI.

- b) Le câble doit résister, sans perforation, à 10 chocs positifs et 10 chocs négatifs de tension selon le tableau suivant.

Tension de tenue aux impulsions

Tension assignée $U_0/U$ (kV)	3,6/6	6/10	8,7/15	12/20	18/30
Tension de choc (kV)	60	75	95	125	170

- c) Après l'essai décrit aux points a) et b), on soumet le câble à un essai de tension alternative à fréquence industrielle, à la température ambiante, pendant 15 min (sur chaque conducteur).

La valeur de la tension d'essai doit être conforme au paragraphe 14.3d). Il ne doit pas se produire de perforation de l'enveloppe isolante.

#### 16.1.11 Essai de rigidité diélectrique de 4 h

A la température ambiante, on applique à l'échantillon, pendant 4 h, une tension à fréquence industrielle entre l'âme conductrice et l'écran.

La tension d'essai doit être égale à 3  $U_0$ . Elle doit être portée graduellement jusqu'à la valeur spécifiée. Il ne doit pas se produire de perforation de l'enveloppe isolante.

#### 16.2 Essais électriques de type pour câbles de tensions assignées inférieures ou égales à 1,8/3 kV pour le butyle, le PE et le XLPE et 3,6/6 kV pour le PVC et l'EPR

Pour ces câbles, on effectue successivement les essais suivants, sur un même échantillon de câble terminé, de 10 m à 15 m de longueur:

- mesure de la résistance d'isolement à la température ambiante (voir le paragraphe 16.2.1.1);
- mesure de la résistance d'isolement à la température de service (voir le paragraphe 16.2.1.2);
- essai de rigidité diélectrique en courant alternatif (voir le paragraphe 16.2.2).

On n'effectue pas l'essai sur plus de trois conducteurs.

This heating current shall be applied for at least 2 h, followed by at least 4 h of natural cooling in air.

This cycle shall be repeated twice more.

- b) After the third cycle, the sample shall be subjected to the partial discharge measurement described in Sub-clause 16.1.4 and shall comply with the requirements of that clause.

16.1.10 *Impulse withstand test followed by a.c. voltage test*

- a) This test shall be performed on the sample at a conductor temperature 5 °C above the maximum rated operating temperature of the insulation.

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

- b) The cable shall withstand without failure 10 positive and 10 negative voltage impulses, of the appropriate value given in the following table.

*Impulse withstand voltages*

Rated voltage ( $U_0/U$ ) (kV)	3.6/6	6/10	8.7/15	12/20	18/30
Impulse voltage (kV)	60	75	95	125	170

- c) After the test given in Items a) and b), the cable sample shall be subjected, at room temperature, to a power-frequency voltage test for 15 min (on each core).

The values of the test voltage shall be those specified in Sub-clause 14.3d). No breakdown of the insulation shall occur.

16.1.11 *High-voltage test for 4 h*

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

The test voltage shall be 3  $U_0$ . The voltage shall be gradually increased to the specified value. No breakdown of the insulation shall occur.

16.2 *Electrical type tests on cables with rated voltage not exceeding 1.8/3 kV for butyl, PE and XLPE insulation and 3.6/6 kV for PVC and EPR insulation*

These cables shall be subjected to the following tests, applied successively on the same sample of completed cable, 10 m to 15 m in length:

- a) insulation resistance measurement at room temperature (see Sub-clause 16.2.1.1);  
 b) insulation resistance measurement at operating temperature (see Sub-clause 16.2.1.2);  
 c) high-voltage alternating current test (see Sub-clause 16.2.2).

The tests shall be limited to not more than three cores.

### 16.2.1 *Mesure de résistance d'isolement*

#### 16.2.1.1 *Mesure à la température ambiante*

- a) On doit effectuer cet essai sur la longueur de l'échantillon avant tout autre essai électrique.

Les conducteurs isolés sont séparés du câble et immergés dans l'eau à la température ambiante, 1 h au moins avant l'exécution de l'essai. La mesure est faite entre les âmes conductrices et l'eau.

Si nécessaire, la mesure peut être confirmée à  $20 \pm 1$  °C.

La tension d'essai continue doit être de 300 V à 500 V et elle doit être appliquée pendant une durée suffisante pour que l'on obtienne une lecture stable, mais au moins pendant 1 min.

- b) *Calculs.* — La résistivité et/ou la constante d'isolement doivent être calculées à partir de la résistance d'isolement par les formules données au paragraphe 16.1.3b).
- c) *Prescriptions.* — Les valeurs calculées depuis les mesures effectuées ne doivent pas être inférieures à celles indiquées au tableau VI, page 68.

#### 16.2.1.2 *Mesure à la température assignée maximale*

- a) Après avoir ôté tous les revêtements externes du câble, les conducteurs sont immergés dans l'eau à la température spécifiée pendant au moins 1 h avant l'essai.

La tension d'essai continue doit être de 300 V à 500 V et doit être appliquée pendant une durée suffisante pour que l'on obtienne une lecture stable, mais au moins pendant 1 min.

- b) *Calculs.* — La résistivité et/ou la constante d'isolement doivent être calculées à partir de la résistance d'isolement par les formules données au paragraphe 16.1.3b).
- c) *Prescriptions.* — Les valeurs calculées depuis les mesures effectuées ne doivent pas être inférieures à celles indiquées au tableau VI.

### 16.2.2 *Essai de rigidité diélectrique de 4 h*

Les conducteurs isolés sont séparés du câble et immergés dans l'eau à la température ambiante pendant au moins 1 h.

On applique graduellement et on maintient pendant 4 h entre l'âme conductrice et l'eau une tension à fréquence industrielle égale à trois fois la tension assignée  $U_0$ . Il ne doit pas se produire de perforation de l'enveloppe isolante.

## 17. *Essais de type non électriques*

Le tableau VII, page 70, donne la liste des essais de type non électriques prescrits par cette norme.

### 17.1 *Mesure des épaisseurs de l'enveloppe isolante*

- a) *Echantillonnage*

On doit prélever un échantillon de chaque conducteur isolé en trois endroits séparés d'au moins 1 m.

Pour les câbles ayant plus de trois conducteurs de même section nominale, la mesure est limitée à trois conducteurs ou à 10% de ceux-ci (la valeur la plus élevée des deux).

### 16.2.1 *Insulation resistance measurement*

#### 16.2.1.1 *Measurement at room temperature*

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

All outer coverings shall be removed and the cores shall be immersed in water at room temperature at least 1 h before the test. The measurement shall be made between conductor and water.

If requested, measurement may be confirmed at  $20 \pm 1$  °C.

The d.c. test voltage shall be 300 V to 500 V, and shall be applied for a sufficient time to reach steady measurement, but for not less than 1 min.

- b) *Calculations.* — The volume resistivity and/or the insulation resistance constant shall be calculated from the insulation resistance by the formulae given in Sub-clause 16.1.3b).
- c) *Requirements.* — The values calculated from the measurements shall be not less than those specified in Table VI, page 69.

#### 16.2.1.2 *Measurement at maximum rated temperature*

- a) The cores of the cable sample with all outer coverings removed shall be immersed in water which shall be heated at the specified temperature for at least 1 h before test.

The d.c. test voltage shall be 300 V to 500 V and shall be applied for a sufficient time to reach steady measurement, but not less than 1 min.

- b) *Calculations.* — The volume resistivity and/or the insulation resistance constant shall be calculated from the insulation resistance by the formulae given in Sub-clause 16.1.3b).
- c) *Requirements.* — The values calculated from the measurements shall be not less than specified in Table VI.

### 16.2.2 *High-voltage test for 4 h*

The cores of the cable sample with all outer coverings removed shall be immersed in water at room temperature for at least 1 h.

A power-frequency voltage equal to three times the rated voltage  $U_0$  shall be gradually applied and maintained continuously for 4 h between the conductor and the water. No breakdown of the insulation shall occur.

## 17. **Type tests, non-electrical**

The non-electrical type tests required by this standard are given in Table VII, page 71.

### 17.1 *Measurement of thickness of insulation*

- a) *Sampling*

One sample of each insulated cable core shall be taken from each of three places separated from each other by at least 1 m.

For cables having more than three cores of equal nominal cross-section, the number of cores on which the measurement is made shall be limited to three cores or 10% of the cores, whichever is larger.

*b) Mode opératoire*

Le mode opératoire est celui décrit à l'article 4 de la Publication 540 de la CEI.

*c) Prescriptions*

Pour chaque tronçon de conducteur, la moyenne des valeurs mesurées, qui doit être arrondie à 0,1 mm près (voir l'annexe B), ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale spécifiée et la plus petite des valeurs ne doit pas être inférieure de plus de 0,1 mm à 90% de la valeur nominale spécifiée.

17.2 *Épaisseur des gaines non métalliques* (y compris les gaines extrudées de séparation, mais non compris les revêtements internes)

*a) Échantillonnage*

On doit prélever trois échantillons de câble en trois endroits séparés d'au moins 1 m.

*b) Mode opératoire*

Le mode opératoire est celui décrit à l'article 4 de la Publication 540 de la CEI.

*c) Prescriptions*

Chaque échantillon de gaine doit satisfaire aux prescriptions suivantes:

Pour une gaine appliquée sur une surface cylindrique régulière (par exemple sur des revêtements internes, une gaine métallique ou l'isolation d'un monoconducteur):

la moyenne des valeurs mesurées, qui doit être arrondie à 0,1 mm près (voir l'annexe B), ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale spécifiée;

la plus petite valeur ne doit pas être inférieure de plus de 0,1 mm à 85% de la valeur nominale spécifiée.

Dans le cas des gaines appliquées sur une surface cylindrique irrégulière (par exemple sur une gaine formant bourrage, sur un câble multiconducteur non armé sans revêtement interne ou une gaine appliquée directement sur une armure, un écran métallique ou des conducteurs concentriques) et pour des gaines de séparation, la plus petite valeur mesurée ne doit pas être inférieure de plus de 0,2 mm à 80% de la valeur nominale spécifiée.

17.3 *Détermination des propriétés mécaniques des enveloppes isolantes avant et après vieillissement*

*a) Échantillonnage*

L'échantillonnage et sa préparation doivent être effectués conformément aux modalités de l'article 5 de la Publication 540 de la CEI.

*b) Vieillissement*

Le vieillissement des éprouvettes est effectué conformément aux prescriptions de l'article 6 de la Publication 540 de la CEI et aux valeurs spécifiées au tableau VIII, page 72.

*c) Conditionnement et essais mécaniques*

Le conditionnement et la mesure des propriétés mécaniques doivent être effectués conformément aux modalités de l'article 5 de la Publication 540 de la CEI.

*d) Prescriptions*

Les résultats des essais pour les échantillons après et avant vieillissement doivent satisfaire aux prescriptions du tableau VIII.

*b) Procedure*

The measurements shall be made as described in Clause 4 of IEC Publication 540.

*c) Requirements*

The average, which shall be rounded off to the nearest 0.1 mm (see Appendix B), of all the measured values on each core shall be not less than the specified nominal thickness and the smallest measured value shall not fall below 90% of the specified nominal thickness by more than 0.1 mm.

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

*a) Sampling*

One sample of cable shall be taken from each of three places separated from each other by at least 1 m.

*b) Procedure*

The measurements shall be made as described in Clause 4 of IEC Publication 540.

*c) Requirements*

Each piece of sheath shall comply with the following:

For a sheath applied on a smooth cylindrical surface (e.g. on an inner covering, a metal sheath or the insulation of a single core):

the average, which shall be rounded off to the nearest 0.1 mm (see Appendix B), of the measured values shall be not less than the specified nominal thickness

the smallest value shall not fall below 85% of the specified nominal thickness by more than 0.1 mm.

For a sheath applied on an irregular cylindrical surface (e.g. a penetrating sheath on an unarmoured multicore cable without inner covering or a sheath applied directly over armour, metallic screen or concentric conductor) and for a separation sheath, the smallest measured value shall not fall below 80% of the specified nominal thickness by more than 0.2 mm.

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

*a) Sampling*

Sampling and the preparation of the test pieces shall be carried out as described in Clause 5 of IEC Publication 540.

*b) Ageing treatments*

The ageing treatments shall be carried out as described in Clause 6 of IEC Publication 540, under the conditions specified in Table VIII, page 73.

*c) Conditioning and mechanical tests*

Conditioning and the measurement of mechanical properties shall be carried out as described in Clause 5 of IEC Publication 540.

*d) Requirements*

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

#### 17.4 Détermination des propriétés mécaniques des gaines avant et après vieillissement

##### a) Echantillonnage

L'échantillonnage et sa préparation doivent être effectués conformément aux modalités de l'article 5 de la Publication 540 de la CEI.

##### b) Vieillissement

Le vieillissement des éprouvettes est effectué conformément aux prescriptions de l'article 6 de la Publication 540 de la CEI et aux valeurs spécifiées dans le tableau IX, page 74.

##### c) Conditionnement et essais mécaniques

Le conditionnement et la mesure des propriétés mécaniques doivent être effectués conformément aux modalités de l'article 5 de la Publication 540 de la CEI.

##### d) Prescriptions

Les résultats des essais pour les échantillons après et avant vieillissement doivent satisfaire aux prescriptions du tableau IX.

#### 17.5 Essai additionnel de vieillissement sur tronçons de câbles complets

##### a) Généralités

Le but de cet essai est de vérifier que l'isolation et la gaine ne soient pas susceptibles de se détériorer en service par le contact avec les autres constituants du câble.

Cet essai est applicable à tous les modèles de câbles.

##### b) Echantillonnage

Les échantillons sont prélevés comme indiqué à l'article 6 de la Publication 540 de la CEI.

##### c) Vieillissement thermique

Le vieillissement des échantillons de câble est effectué dans une étuve suivant les modalités de l'article 6 de la Publication 540 de la CEI et en adoptant les conditions suivantes:

— Température:  $10 \pm 2$  °C au-dessus de la température assignée de service du câble ou, si la température de service n'est pas connue, à  $10 \pm 2$  °C au-dessus de la température assignée maximale de l'âme pour l'enveloppe isolante (voir le tableau VIII, page 72).

— Durée:  $7 \times 24$  h.

##### d) Essais mécaniques

Les éprouvettes d'isolation et de gaine sont préparées à partir des échantillons de câbles vieillis suivant le mode opératoire décrit à l'article 6 de la Publication 540 de la CEI.

##### e) Prescriptions

Les variations des valeurs moyennes de l'élongation et de la charge de rupture avant et après vieillissement (voir les paragraphes 17.3 et 17.4) ne doivent pas être supérieures aux valeurs correspondantes pour l'essai de vieillissement en étuve spécifiées au tableau VIII pour les isolants et au tableau IX pour les gaines.

#### 17.4 Tests for determining the mechanical properties of sheaths before and after ageing

##### a) Sampling

Sampling and the preparation of the test pieces shall be carried out as described in Clause 5 of IEC Publication 540.

##### b) Ageing treatments

The ageing treatments shall be carried out as described in Clause 6 of IEC Publication 540, under the conditions specified in Table IX, page 75.

##### c) Conditioning and mechanical tests

Conditioning and the measurement of mechanical properties shall be carried out as described in Clause 5 of IEC Publication 540.

##### d) Requirements

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

#### 17.5 Additional ageing test on pieces of completed cables

##### a) General

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

The test is applicable to cables of all types.

##### b) Sampling

Samples shall be taken from the completed cable as described in Clause 6 of IEC Publication 540.

##### c) Ageing treatment

The ageing treatment of the pieces of cable shall be carried out in an air oven, as described in Clause 6 of IEC Publication 540, under the following conditions:

- Temperature:  $10 \pm 2$  °C above the rated operating conductor temperature of the cable or, if the operating temperature of the cable is not known,  $10 \pm 2$  °C above the rated operating conductor temperature for the insulating material (see Table VIII, page 73).
- Duration:  $7 \times 24$  h.

##### d) Mechanical tests

Test pieces of insulation and sheath from the aged pieces of cable shall be prepared and subjected to mechanical tests as described in Clause 6 of IEC Publication 540.

##### e) Requirements

The variations between the median values of tensile strength and elongation at break after ageing and the corresponding values obtained without ageing (see Sub-clauses 17.3 and 17.4) shall not exceed the values applying to the test after ageing in an air oven specified in Table VIII for insulation and Table IX for sheaths.

17.6 *Perte de masse pour les enveloppes isolantes et les gaines en PVC*

a) *Mode opératoire*

L'échantillonnage et les modalités de l'essai doivent être conformes aux prescriptions de l'article 7 de la Publication 540 de la CEI.

b) *Prescriptions*

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions indiquées au tableau X, page 76.

17.7 *Essai de tenue des enveloppes isolantes et des gaines en PVC à température élevée*

a) *Mode opératoire*

L'échantillonnage et les modalités de l'essai doivent être conformes aux prescriptions de l'article 8 de la Publication 540 de la CEI. Les conditions de l'essai sont indiquées au tableau X.

b) *Prescriptions*

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions indiquées au tableau X.

17.8 *Essai de tenue des enveloppes isolantes et des gaines à basse température*

a) *Mode opératoire*

L'échantillonnage et les méthodes d'essai doivent être conformes aux prescriptions de l'article 9 de la Publication 540 de la CEI avec les températures d'essai spécifiées au tableau X.

b) *Prescriptions*

Les résultats des essais doivent satisfaire aux prescriptions indiquées à l'article 9 de la Publication 540 de la CEI.

17.9 *Essai de résistance à la fissuration des enveloppes et des gaines en PVC (essai de chocs à chaud)*

a) *Mode opératoire*

L'échantillonnage et le mode opératoire sont ceux de l'article 10 de la Publication 540 de la CEI. La température et la durée du chauffage sont indiquées au tableau X.

b) *Prescriptions*

Les résultats des essais doivent satisfaire aux prescriptions indiquées à l'article 10 de la Publication 540 de la CEI.

17.10 *Mesure de l'indice de fluidité du PE d'isolation ou de gainage*

a) *Mode opératoire*

Les échantillons prélevés sur les enveloppes ou les gaines en PE sont préparés et essayés conformément aux modalités de l'article 12 de la Publication 540 de la CEI.

b) *Prescriptions*

Les résultats des essais doivent satisfaire aux prescriptions indiquées au tableau XI, page 78.

17.11 *Vieillessement dans la bombe à oxygène pour les enveloppes et les gaines en PE*

a) *Vieillessement*

Des échantillons d'enveloppe et/ou de gaine de même origine que ceux utilisés pour la mesure de l'indice de fluidité sans vieillissement sont préparés et vieillis dans la bombe à oxygène en suivant le

17.6 *Weight loss test on PVC insulation and sheaths*

a) *Procedure*

The sampling and complete test procedure shall be in accordance with Clause 7 of IEC Publication 540.

b) *Requirements*

The test results shall comply with the requirements given in Table X, page 77.

17.7 *Test for the behaviour of PVC insulation and sheaths at high temperatures*

a) *Procedure*

The sampling and test procedure shall be in accordance with Clause 8 of IEC Publication 540, employing the test conditions given in the test method and in Table X.

b) *Requirements*

The test results shall comply with the requirements given in Table X.

17.8 *Test for the behaviour of PVC insulation and sheath at low temperatures*

a) *Procedure*

The sampling and test procedures shall be in accordance with Clause 9 of IEC Publication 540, employing the test temperature specified in Table X.

b) *Requirements*

The results of the tests shall comply with the requirements given in Clause 9 of IEC Publication 540.

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

a) *Procedure*

The sampling and test procedure shall be in accordance with Clause 10 of IEC Publication 540, the test temperature and period of heating being in accordance with Table X.

b) *Requirements*

The results of the tests shall comply with the requirements given in Clause 10 of IEC Publication 540.

17.10 *Measurement of melt flow index of PE insulation and sheaths*

a) *Procedure*

Samples taken from the PE insulation and/or sheath shall be prepared and tested in accordance with Clause 12 of IEC Publication 540.

b) *Requirements*

The results of the tests shall comply with the requirements given in Table XI, page 79.

17.11 *Ageing in oxygen bomb for PE insulation and sheath*

a) *Ageing procedure*

Samples of PE insulation and/or sheath, from the same core and/or sheath used for the measurement of melt flow index without ageing, shall be prepared and aged in an oxygen bomb as described

mode opératoire de l'article 6 de la Publication 540 de la CEI, à la température et pendant le temps indiqués au tableau XI, page 78.

*b) Mesure de l'indice de fluidité*

Après le vieillissement dans la bombe à oxygène et l'achèvement de l'essai, comme indiqué à l'article 6 de la Publication 540 de la CEI, les échantillons vieillis sont préparés et on mesure leur indice de fluidité suivant le mode opératoire de l'article 12 de la Publication 540 de la CEI.

*c) Prescriptions*

La différence entre les indices de fluidité avant et après le vieillissement dans la bombe à oxygène doit satisfaire aux prescriptions indiquées au tableau XI.

17.12 *Essais de résistance à l'ozone pour les enveloppes isolantes en butyle et en EPR*

*a) Mode opératoire*

L'échantillonnage et le mode opératoire sont ceux de l'article 13 de la Publication 540 de la CEI. La concentration en ozone et la durée de l'essai sont indiquées au tableau XII, page 80.

*b) Prescriptions*

Les résultats des essais doivent satisfaire aux prescriptions indiquées à l'article 13 de la Publication 540 de la CEI.

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

*a) Mode opératoire*

L'échantillonnage et les modalités de l'essai doivent être conformes aux prescriptions de l'article 14 de la Publication 540 de la CEI en prenant pour valeurs d'essai celles données au tableau XII.

*b) Prescriptions*

Les résultats des essais doivent satisfaire aux prescriptions indiquées au tableau XII.

17.14 *Essai de résistance à l'huile minérale pour les gaines à base d'élastomère*

*a) Mode opératoire*

L'échantillonnage et les modalités de l'essai doivent être conformes aux prescriptions de l'article 15 de la Publication 540 de la CEI en prenant pour valeurs d'essai celles données au tableau XIII, page 80.

*b) Prescriptions*

Les résultats des essais doivent satisfaire aux prescriptions indiquées au tableau XIII.

17.15 *Essai d'absorption d'eau des isolations*

A l'étude.

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

On doit effectuer cet essai sur un tronçon de câble complet et seulement dans le cas où cela est préalablement prescrit en fonction d'une utilisation particulière. La méthode d'essai et les prescriptions doivent être conformes à la Publication 332 de la CEI: Caractéristiques des câbles électriques retardant la propagation de la flamme.

in Clause 6 of IEC Publication 540, at the temperature and for the time given in Table XI, page 79.

*b) Measurement of melt flow index*

After the ageing in the oxygen bomb and completion of the procedure in accordance with Clause 6 of IEC Publication 540, the aged test pieces shall be prepared and their melt flow index measured in accordance with Clause 12 of IEC Publication 540.

*c) Requirements*

The difference between the melt flow indices measured before and after ageing and without ageing shall comply with the requirements given in Table XI.

**17.12 Ozone resistance test for butyl and EPR insulations**

*a) Procedure*

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with Clause 13 of IEC Publication 540. The ozone concentration and test period being in accordance with Table XII, page 81.

*b) Requirements*

The results of the test shall comply with the requirement given in Clause 13 of IEC Publication 540.

**17.13 Hot set test for EPR and XLPE insulation**

*a) Procedure*

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with Clause 14 of IEC Publication 540, employing the conditions given in Table XII.

*b) Requirements*

The test results shall comply with the requirements given in Table XII.

**17.14 Oil immersion test for elastomeric sheaths**

*a) Procedure*

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with Clause 15 of IEC Publication 540, employing the conditions given in Table XIII, page 81.

*b) Requirements*

The results of the test shall comply with the requirements given in Table XIII.

**17.15 Water absorption test on insulations**

Under consideration.

**17.16 Flame retardance test**

This test shall be carried out on pieces of completed cable only when specially required. The method of test and requirements shall be those specified in IEC Publication 332, Flame-retardant Characteristics of Electric Cables.

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

La méthode d'essai est à l'étude.

La valeur prescrite pour la teneur en noir de carbone est donnée au tableau XI, page 78.

17.18 *Mesure du retrait longitudinal pour les enveloppes en PE et en XLPE*

A l'étude.

17.19 *Mesure de la résistance au déchirement pour les gaines en élastomère*

A l'étude.

18. **Essai diélectrique après pose**

Les essais après pose sont faits lorsque l'installation du câble et de ses accessoires est finie.

La tension diélectrique est de  $4 U_0$  pendant 15 min en courant continu.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60502:1978

Withdawn

17.17 *Measurement of carbon content of PE sheaths*

The method of test is under consideration.

The required carbon content is given in Table XI, page 79.

17.18 *Shrinkage test for PE and XLPE insulation*

Under consideration.

17.19 *Tear resistance test for elastomeric sheaths*

Under consideration.

18. **Electrical test after installation**

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

The voltage test after installation shall be made with a d.c. voltage of  $4 U_0$  applied for 15 min.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60502:1978

Withdawn

TABLEAU VI

Prescriptions pour les essais électriques de type

	Propriété fondamentale des mélanges	1	2	3	4	5	6
		Thermoplastiques			Elastomères, etc.		
0	Désignation du mélange isolant *	PVC		PE	Butyle	EPR	XLPE
		A	B				
00	Température assignée maximale du (°C) conducteur	70	70	70	85	90	90
1	<i>Résistivité transversale</i> ( $\Omega\text{cm}$ )			A l'étude			A l'étude
1a	— à 20 °C (voir les paragraphes 16.1.3 et 16.2.1.1)	10 <sup>13</sup>	10 <sup>14</sup>		10 <sup>15</sup>	10 <sup>15</sup>	
1b	— à la température assignée max. de service ** (voir les paragraphes 16.1.8 et 16.2.1.2)	10 <sup>10</sup>	10 <sup>11</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>12</sup>		
2	<i>Constantes d'isolement K<sub>1</sub></i> (M $\Omega\text{km}$ )			A l'étude			A l'étude
2a	— à 20 °C (voir les paragraphes 16.1.3 et 16.2.1.1)	36,7	367		3 670	3 670	
2b	— à la température assignée max. de service ** (voir les paragraphes 16.1.8 et 16.2.1.2)	0,037	0,37	3,67	3,67		
3	<i>Pertes diélectriques en fonction de la tension, à température ambiante</i> (voir le paragraphe 16.1.6)						
3a	— max. tg $\delta$ à U <sub>0</sub> ( $\times 10^{-4}$ )	—	1 000	10	300	200	40
3b	— variation maximale de tg $\delta$ entre 0,5 U <sub>0</sub> et 2 U <sub>0</sub> ( $\times 10^{-4}$ )	—	65	20	55	25	20
4	<i>Pertes diélectriques en fonction de la température à 2 kV</i> (voir le paragraphe 16.1.7)						
4a	— max. tg $\delta$ à la température ambiante ( $\times 10^{-4}$ )	—	1 000	10	300	200	40
4b	— max. tg $\delta$ à la température assignée maximale de service ** ( $\times 10^{-4}$ )	—	<sup>1)</sup>	10	500	400	80
	<sup>1)</sup> Pour PVC/B, le produit « permittivité $\times$ tg $\delta$ » ne doit pas dépasser 0,75 dans tout l'intervalle de température depuis l'ambiante jusqu'à 85 °C. De plus, la valeur de tg $\delta$ à 80 °C ne doit pas excéder la valeur de tg $\delta$ à 60 °C.						
5	<i>Mesure du taux de décharge partielle</i> (voir les paragraphes 16.1.4, 16.1.5c) et 16.1.9b)) Décharges maximum à 1,25 U <sub>0</sub> (pC)	—	40	20	20	20	20

\* La signification des désignations est indiquée au paragraphe 1.2.

\*\* Voir les valeurs de la température assignée maximale du conducteur sur la ligne 00 de ce tableau.

TABLE VI  
Electrical type test requirements

	Basic property of the compound	1	2	3	4	5	6
		Thermoplastic			Elastomeric, etc.		
0	Designation of the insulating compounds*	PVC		PE	Butyl	EPR	XLPE
		A	B				
00	Maximum rated conductor temperature (°C)	70	70	70	85	90	90
1	<i>Volume resistivity</i> (Ωcm)						
1a	— at 20 °C (see Sub-clauses 16.1.3 and 16.2.1.1)	10 <sup>13</sup>	10 <sup>14</sup>	Under consideration	10 <sup>15</sup>	10 <sup>15</sup>	Under consideration
1b	— at max. rated temperature ** (see Sub-clauses 16.1.8 and 16.2.1.2)	10 <sup>10</sup>	10 <sup>11</sup>		10 <sup>12</sup>	10 <sup>12</sup>	
2	<i>Insulation resistance constant K<sub>1</sub></i> (MΩkm)						
2a	— at 20 °C (see Sub-clauses 16.1.3 and 16.2.1.1)	36.7	367	Under consideration	3 670	3 670	Under consideration
2b	— at max. rated temperature ** (see Sub-clauses 16.1.8 and 16.2.1.2)	0.037	0.37		3.67	3.67	
3	<i>Dielectric power factor as a function of the voltage, at ambient temperature</i> (see Sub-clause 16.1.6)						
3a	— max. tan δ at U <sub>0</sub> (× 10 <sup>-4</sup> )	—	1 000	10	300	200	40
3b	— max. increment of tan δ between 0.5 U <sub>0</sub> and 2 U <sub>0</sub> (× 10 <sup>-4</sup> )	—	65	20	55	25	20
4	<i>Dielectric power factor as a function of the temperature at 2 kV</i> (see Sub-clause 16.1.7)						
4a	— max. tan δ at ambient temperature (× 10 <sup>-4</sup> )	—	1 000	10	300	200	40
4b	— max. tan δ at rated temperature ** (× 10 <sup>-4</sup> )	—	1) <sup>1)</sup>	10	500	400	80
<p><sup>1)</sup> For PVC/B the product "permittivity × tan δ" shall not exceed 0.75 within the temperature range from ambient to 85 °C. Furthermore, the value of tan δ at 80 °C shall not exceed the value of tan δ at 60 °C.</p>							
5	<i>Partial discharge test</i> (see Sub-clauses 16.1.4, 16.1.5c) and 16.1.9b)) Max. discharge at 1.25 U <sub>0</sub> (pC)	—	40	20	20	20	20

\* For the meaning of the designations, see Sub-clause 1.2.

\*\* The values of maximum rated conductor temperature are given in line 00 of this table.

TABLEAU VII  
Essais de type non électriques  
(Voir les tableaux VIII à XIII)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
		Enveloppes isolantes						Gaines non métalliques					
		Thermoplastiques			Elastomères			Thermoplastiques			Elastomères		
		PVC		PE	Butyle	EPR	XLPE	ST <sub>1</sub>	ST <sub>2</sub>	ST <sub>3</sub>	SE <sub>1</sub>	SE <sub>2</sub>	
		A	B										
1	<i>Dimensions</i>												
1a	Mesures d'épaisseurs	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2	<i>Propriétés mécaniques</i> (charge et allongement à la rupture)												
2a	Avant vieillissement	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2b	Après vieillissement en étuve à air	x	x		x	x	x	x	x		x	x	
2c	Après vieillissement dans la bombe à air				x	x							
2d	Après vieillissement additionnel en étuve à air (contamination)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2e	Après immersion dans l'huile chaude										x	x	
3	<i>Propriétés thermo-plastiques</i>												
3a	Essai de pression à température élevée (pénétration)	x	x					x	x				
3b	Tenue à basse température	x	x					x	x				
4	<i>Divers</i>												
4a	Essai de perte de masse en étuve à air	x						x	x				
4b	Essai de chocs à chaud (fissuration)	x	x					x	x				
4c	Indice de fluidité à l'état neuf			x						x			
4d	Indice de fluidité après vieillissement dans la bombe à oxygène			x						x			
4e	Essai de résistance à l'ozone				x	x							
4f	Essai d'allongement à chaud					x	x						
4g	Essai de non-propagation de la flamme (s'il est demandé)							x	x		x	x	

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

TABLE VII  
*Non-electrical type tests*  
 (See Tables VIII to XIII)

0		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
		Insulations						Non-metallic sheaths					
		Thermoplastic			Elastomeric			Thermoplastic			Elastomeric		
		PVC		PE	Butyl	EPR	XLPE	ST <sub>1</sub>	ST <sub>2</sub>	ST <sub>3</sub>	SE <sub>1</sub>	SE <sub>2</sub>	
		A	B										
1	<i>Dimensions</i>												
1a	Measurement of thicknesses	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2	<i>Mechanical properties</i> (tensile strength and elongation)												
2a	Without ageing	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2b	After ageing in air oven	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2c	After ageing in air bomb			x	x	x							
2d	After additional ageing in air oven (contamination)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2e	After immersion in hot oil									x	x		
3	<i>Thermoplastic properties</i>												
3a	Hot pressure test (indentation)	x	x					x	x				
3b	Behaviour at low temperature	x	x					x	x				
4	<i>Miscellaneous</i>												
4a	Loss of mass test in air oven	x						x	x				
4b	Heat shock test (cracking)	x	x					x	x				
4c	Melt flow index without ageing			x						x			
4d	Melt flow index after ageing in oxygen bomb			x						x			
4e	Ozone resistance test				x	x							
4f	Hot set test					x	x						
4g	Flame retardance test (if required)							x	x		x	x	

“x” indicates that the type test is to be applied.

**TABEAU VIII**

*Prescriptions d'essai pour les caractéristiques mécaniques des matériaux pour enveloppes isolantes*

(Avant et après vieillissement)

0	1	2	3	4	5	6	7	8
	Désignation du mélange isolant (voir le paragraphe 1.2)		PVC		Butyle	EPR	XLPE	PE
			A	B				
	Température assignée maximale de l'âme (voir le paragraphe 1.4)	°C	70	70	85	90	90	70 **
1.	<i>Sans vieillissement</i> (Publication 540 de la CEI, article 5)							
1.1	Résistance à la traction, min.	N/mm <sup>2</sup>	12,5	12,5	4,2	4,2	12,5	10,0
1.2	Allongement à la rupture, min.	%	150	125	300	200	200	300
2.	<i>Après vieillissement en étuve à air</i> (Publication 540 de la CEI, article 6)							
2.0	Traitement { température (tolérance ±2 °C) durée	°C Jours	80 7	100 7	100 7	135 7	135 7	
2.1	Résistance à la traction: a) valeur minimale après vieillissement	N/mm <sup>2</sup>	12,5	12,5				
2.2	b) variation *, max.	%	±20	±25	±40	±30	±25	
2.2	Allongement à la rupture: a) valeur minimale après vieillissement	%	150	125				
2.2	b) variation *, max.	%	±20	±25	±40	±30	±25	
3.	<i>Après vieillissement dans la bombe à air à 55 ± 2 N/cm<sup>2</sup></i> (Publication 540 de la CEI, article 6)							
3.0	Traitement { température (tolérance ±1 °C) durée	°C Heures			127 40	127 40		
3.1	Variation * de la: Résistance à la traction, max.	%			±50	±30		
3.2	Allongement à la rupture, max.	%			±50	±30		

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

\*\* 75 °C pour le polyéthylène haute densité.

TABLE VIII

*Test requirements for mechanical characteristics of insulating materials*

(Before and after ageing)

0	1	2	3	4	5	6	7	8
	Designation of the insulating compound (see Sub-clause 1.2)		PVC		Butyl	EPR	XLPE	PE
			A	B				
	Maximum rated conductor temperature (see Sub-clause 1.4)	°C	70	70	85	90	90	70 **
1.	<i>Without ageing</i> (IEC Publication 540, Clause 5)							
1.1	Tensile strength, min.	N/mm <sup>2</sup>	12.5	12.5	4.2	4.2	12.5	10.0
1.2	Elongation at break, min.	%	150	125	300	200	200	300
2.	<i>After ageing in air oven</i> (IEC Publication 540, Clause 6)							
2.0	Treatment { temperature (tolerance ±2 °C) duration	°C	80	100	100	135	135	
2.1	Tensile strength: a) value after ageing, min.	N/mm <sup>2</sup>	12.5	12.5				
2.2	b) variation *, max. Elongation at break: a) value after ageing, min.	%	±20	±25	±40	±30	±25	
2.2	b) variation *, max.	%	±20	±25	±40	±30	±25	
3.	<i>After ageing in air bomb</i> at 55 ± 2 N/cm <sup>2</sup> (IEC Publication 540, Clause 6)							
3.0	Treatment { temperature (tolerance ±1 °C) duration	°C			127	127		
3.1	Variation *, of the: Tensile strength, max.	%			±50	±30		
3.2	Elongation at break, max.	%			±50	±30		

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

\*\* For high density polyethylene 75 °C.

TABLEAU IX

Prescriptions d'essai pour les caractéristiques mécaniques des matériaux pour gaines

(Avant et après vieillissement)

0	1	2	3	4	5	6	7
a	Classification du mélange de la gaine *		ST <sub>1</sub>	ST <sub>2</sub>	ST <sub>3</sub>	SE <sub>1</sub>	SE <sub>2</sub>
b	Propriété fondamentale du mélange de la gaine		Thermoplastique			Elastomère	
c	Température assignée maximale de l'âme du câble sur lequel la gaine peut être utilisée	°C	80	90	80	90	90
1.	<i>Sans vieillissement</i> (Publication 540 de la CEI, article 5)						
1.1	Résistance à la traction, min.	N/mm <sup>2</sup>	12,5	12,5	10,0	10,0	***
1.2	Allongement à la rupture, min.	%	150	150	350	300	***
2.	<i>Après vieillissement en étuve à air</i> (Publication 540 de la CEI, article 6)						
2.0	Traitement { température de l'air (tolérance ±2 °C) durée	°C Jours	80 7	100 7		100 7	*** ***
2.1	Résistance à la traction: a) valeur minimale après le vieillissement b) variation **, max.	N/mm <sup>2</sup> %	12,5 ±20	12,5 ±25		±30	*** ***
2.2	Allongement à la rupture: a) valeur minimale après le vieillissement b) variation ** max.	% %	150 ±20	150 ±25		250 ±40	*** ***

\* ST<sub>1</sub> et ST<sub>2</sub> sont des classes de mélanges pour gaines à base de PVC.

ST<sub>3</sub> est une classe de mélanges pour gaines à base de polyéthylène thermoplastique.

SE<sub>1</sub> et SE<sub>2</sub> sont des classes de mélanges élastomères pour gaines à base de polychloroprène, polyéthylène chlorosulfoné ou polymères similaires.

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

\*\*\* A l'étude.

TABLE IX

Test requirements for mechanical characteristics of sheathing materials

(Before and after ageing)

0	1	2	3	4	5	6	7
a	Designation of the class of compound *		ST <sub>1</sub>	ST <sub>2</sub>	ST <sub>3</sub>	SE <sub>1</sub>	SE <sub>2</sub>
b	Basic property of the sheathing compound		Thermoplastic			Elastomeric	
c	Maximum rated conductor temperature of the cables for which the sheathing can be used	°C	80	90	80	90	90
1.	<i>Without ageing</i> (IEC Publication 540, Clause 5)						
1.1	Tensile strength, min.	N/mm <sup>2</sup>	12.5	12.5	10.0	10.0	***
1.2	Elongation at break, min.	%	150	150	350	300	***
2.	<i>After ageing in air oven</i> (IEC Publication 540, Clause 6)						
2.0	Treatment { temperature (tolerance ±2 °C) duration	°C	80	100		100	***
		Days	7	7		7	***
2.1	Tensile strength: a) value after ageing, min. b) variation **, max.	N/mm <sup>2</sup> %	12.5 ±20	12.5 ±25		±30	***
2.2	Elongation at break: a) value after ageing, min. b) variation **, max.	% %	150 ±20	150 ±25		250 ±40	*** ***

\* ST<sub>1</sub> and ST<sub>2</sub> are sheathing classes of compounds based on PVC.

ST<sub>3</sub> is a sheathing class of compounds based on thermoplastic polyethylene.

SE<sub>1</sub> and SE<sub>2</sub> are sheathing classes of elastomeric compounds based on polychloroprene, chlorosulfonated polyethylene or similar polymers.

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

\*\*\* Under consideration.

TABLEAU X

Prescriptions d'essai pour les caractéristiques particulières des mélanges à base de PVC

0	1	2	3	4	5	6
	Classification du mélange		PVC		ST <sub>1</sub>	ST <sub>2</sub>
		A	B			
	Emploi du mélange PVC		Enveloppe		Gaine	
1.	<i>Perte de masse en étuve à air</i> (Publication 540 de la CEI, article 7)					
1.1	Traitement { température (tolérance $\pm 2^\circ\text{C}$ ) durée	$^\circ\text{C}$	80		80	100
1.2	Perte de masse maximale admise	Jours mg/cm <sup>2</sup>	7 2		7 2	7 2
2.	<i>Essai de pression à température élevée</i> (Publication 540 de la CEI, article 8)					
2.1	Température d'essai (tolérance $\pm 2^\circ\text{C}$ )	$^\circ\text{C}$	80	80	80	80
2.2	Durée sous charge { premier cas second cas	Heures Heures	4 6	6 6	4 6	6 6
2.3	Profondeur d'empreinte maximale admise	%	50	50	50	50
3.	<i>Comportement à basse température *</i> (Publication 540 de la CEI, article 9)					
3.1	Essais effectués sans vieillissement préalable: Pliage à froid pour les diamètres de câble < 12,5 mm					
3.2	Température d'essai (tolérance $\pm 2^\circ\text{C}$ )	$^\circ\text{C}$	-15	-5	-15	-15
3.3	Elongation à froid sur éprouvettes haltères	$^\circ\text{C}$	-15	-5	-15	-15
3.3	Chocs mécaniques à froid	$^\circ\text{C}$			-15	-15
3.3	Température d'essai (tolérance $\pm 2^\circ\text{C}$ )	$^\circ\text{C}$			-15	-15
4.	<i>Essai de chocs à chaud</i> (Publication 540 de la CEI, article 10)					
4.1	Température d'essai (tolérance $\pm 2^\circ\text{C}$ )	$^\circ\text{C}$	150	150	150	150
4.2	Durée de l'essai	Heures	1	1	1	1
5.	<i>Stabilité thermique</i> (Méthode d'essai en cours d'étude)					
5.1	Température	$^\circ\text{C}$		200		
5.2	Durée minimale	Min		100		

\* Les conditions climatiques particulières peuvent conduire les normes nationales à choisir des températures plus basses.