

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 502

Troisième édition — Third edition

1983

**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**



© CEI 1983

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

3, 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**
- **Annuaire de la CEI**
- **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.

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 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**
- **IEC Yearbook**
- **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.

IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists 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

Troisième édition — Third edition
1983

**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**



© CEI 1983

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
 SECTION UN — GÉNÉRALITÉS	
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Définitions	10
 SECTION DEUX — CONSTRUCTION	
3. Ame conductrice	12
4. Enveloppe isolante	12
5. Ecrans sur les conducteurs	14
6. Assemblage des conducteurs, revêtements internes et bourrages	14
7. Revêtements métalliques des câbles monoconducteurs et multiconducteurs	18
8. Ecran métallique	20
9. Conducteur concentrique	20
10. Gaine métallique (<i>à l'étude</i>)	20
11. Armure métallique	22
12. Gaine extérieure non métallique	26
TABLEAUX I à IV	30
 SECTION TROIS — PRESCRIPTIONS D'ESSAI	
13. Conditions d'essais	34
14. Essais individuels	34
15. Essais spéciaux	38
16. Essais électriques de type	46
17. Essais de type non électriques	54
18. Essai diélectrique après pose	64
TABLEAUX V à XII	66
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	7
2. Definitions	11
SECTION TWO — CONSTRUCTION	
3. Conductors	13
4. Insulation	13
5. Screening of cores	15
6. Assembly of cores, inner coverings and fillers	15
7. Metallic layers for single-core and multicore cables	19
8. Metallic screen	21
9. Concentric conductor	21
10. Metallic sheath (<i>under consideration</i>)	21
11. Metallic armour	23
12. Non-metallic outer sheath	27
TABLES I TO IV	31
SECTION THREE — TEST REQUIREMENTS	
13. Test conditions	35
14. Routine tests	35
15. Special tests	39
16. Type tests, electrical	47
17. Type tests, non-electrical	55
18. Electrical tests after installation	65
TABLES V TO XII	67
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 constitue la troisième édition de la Publication 502 de la CEI. Elle annule et remplace la deuxième édition parue en 1978.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Florence en 1980. A la suite de cette réunion, un projet, document 20A(Bureau Central)79, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juillet 1981.

Les Comités nationaux des pays ci-après se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')	Egypte	République Démocratique Allemande
Allemagne	Etats-Unis d'Amérique	Roumanie
Autriche	Finlande	Royaume-Uni
Belgique	France	Suède
Bésil	Italie	Suisse
Canada	Norvège	Union des Républiques
Corée (République de)	Pays-Bas	Socialistes Soviétiques
Danemark	Pologne	Yougoslavie

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

- Publications n^{os}
- 38: Tensions normales de la CEI.
 - 60: Techniques des essais à haute tension.
 - 183: Guide au choix des câbles à haute tension.
 - 228: Ames des 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%).
 - 332-1: Essais des câbles électriques soumis au feu, Première partie: Essai effectué sur un câble vertical.
 - 540: Méthodes d'essais pour les enveloppes isolantes et les gaines des câbles électriques rigides et souples (mélanges élastomères et thermoplastiques).

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 forms the third edition of IEC Publication 502 and supersedes the second edition issued in 1978.

A first draft was discussed at the meeting held in Florence in 1980. As a result of this meeting, a draft, Document 20A(Central Office)79, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in July 1981.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Austria	German Democratic Republic	South Africa (Republic of)
Belgium	Germany	Sweden
Brazil	Italy	Switzerland
Canada	Korea (Republic of)	Union of Soviet
Denmark	Netherlands	Socialist Republics
Egypt	Norway	United Kingdom
Finland	Poland	United States of America
France	Romania	Yugoslavia

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: Conductors of Insulated Cables.
- 230: Impulse Tests on Cables and their Accessories.
- 287: Calculation of the Continuous Current Rating of Cables (100% Load Factor).
- 332-1: Tests on Electric Cables under Fire Conditions, Part 1: Test on a Single Vertical Insulated Wire or Cable.
- 540: Test Methods for Insulations and Sheaths of Electric Cables and Cords (Elastomeric and Thermoplastic 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 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 paragraphe 1.3), pour installations fixes.

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 $U_o/U \leq 1,8/3$ kV 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 $U_o/U > 1,8/3$ kV Mélange isolant à base de polyéthylène thermoplastique	PVC/A PVC/B PE
<i>b) Mélanges élastomères ou réticulés:</i> Mélange isolant à base de caoutchouc d'éthylène-propylène ou produit similaire (EPM ou EPDM) Mélange isolant à base de polyéthylène réticulé chimiquement	EPR XLPE

1.3 Tensions assignées

Les tensions assignées normales U_o/U (U_m) des câbles prévus par cette norme sont les suivantes*:

U_o/U (U_m) = 0,6/1 — 1,8/3 (3,6) — 3,6/6 (7,2) — 6/10 (12) — 8,7/15 (17,5) — 12/20 (24) — 18/30 (36) kV efficace.

* Les valeurs normales de U_o 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 Publication 38 de la CEI). U_m est la «tension la plus élevée du réseau».

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 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, for fixed installations.

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 $U_o/U \leq 1.8/3$ kV</p> <p>Insulating compound based on polyvinyl chloride or copolymer of vinyl chloride and vinyl acetate intended for cables with rated voltages $U_o/U > 1.8/3$ 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 ethylene propylene rubber or similar (EPM or EPDM)</p> <p>Insulating compound based on chemically cross-linked polyethylene</p>	<p>EPR</p> <p>XLPE</p>

1.3 Rated voltages

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

U_o/U (U_m) = 0.6/1 — 1.8/3 (3.6) — 3.6/6 (7.2) — 6/10 (12) — 8.7/15 (17.5) — 12/20 (24) — 18/30 (36) kV r.m.s.

* The standard values of U_o given in this sub-clause are taken from IEC Publication 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). U_m is the "highest system voltage".

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 $U_0/U(U_m)$, 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 ;

U_m est la valeur maximale de la «tension la plus élevée du réseau» pour laquelle le matériel peut être utilisé (voir Publication 38 de la CEI).

Note. — Il convient que la tension assignée du câble, pour une application donnée, corresponde aux conditions de fonctionnement du réseau dans lequel le câble est utilisé, conformément aux recommandations de la Publication 183 de la CEI.

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)
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 masse volumique supérieure à 0,940 g/cm³ 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, si, par exemple, 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 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 est important que les accessoires utilisés dans le réseau des câbles avec jonctions mécaniques et/ou soudées conviennent à la température adoptée pour le câble.

In the voltage designation of cables, $U_o/U(U_m)$ given above,

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

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

U_m is the maximum value of the “highest system voltage” for which the equipment may be used (see IEC Publication 38).

Note. — The rated voltage of the cable for a given application should be suitable for the operating conditions in the system in which the cable is used, in accordance with the recommendations of IEC Publication 183.

1.4 Highest rated temperatures for the different types of insulating compound

Insulating compound	Maximum rated conductor temperature (°C)	
	Normal operation*	Short-circuit (s maximum duration)
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_o is equal to or greater than the values given in IEC Publication 287: Calculation of the Continuous Current Rating of Cables (100% Load Factor).

** 75 °C for PE of density higher than 0.940 g/cm³ 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 shall be taken of the following factors:

- Deformation of the insulation, due to the thermo-mechanical forces produced by the short-circuit condition, can reduce the effective thickness of the insulation.
- Conductor and core screen can be adversely affected with loss of screening effect; likewise the thermal properties of the outer sheath material can be the limitation.
- 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.

1.5 *Température assignée maximale de l'âme du câble, à laquelle chaque type de gaine extérieure peut être utilisé*

Mélange pour gaine	Température maximale de l'âme en service normal (°C)
ST ₁	80
ST ₂	90
ST ₃	80
SE ₁	85

Les mélanges pour gaines peuvent être utilisés sur des câbles pour lesquels la température maximale de service est de 5 °C supérieure aux valeurs indiquées dans le tableau ci-dessus, si la tension assignée est supérieure ou égale à:

- pour les gaines extrudées de ST₃ et SE₁: 6/10 (12) kV;
- pour les gaines extrudées de ST₁ et ST₂*: 18/30 (36) kV.

ST₁ et ST₂ sont des classes de mélanges pour gaines à base de PVC.

ST₃ est une classe de mélanges pour gaines à base de polyéthylène thermoplastique.

SE₁ est une classe de mélanges élastomères pour gaines à base de polychloroprène, polyéthylène chlorosulfoné ou polymères similaires.

Note. — Un nouveau mélange (ST₄) à base de PE est à l'étude pour des températures de l'âme supérieures à celle qui est assignée pour le mélange ST₃.

2. Définitions

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

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

a) Valeur nominale

Valeur par laquelle une grandeur est dénommée et qui est souvent utilisée dans les tableaux. Régulièrement, dans cette norme, les valeurs nominales correspondent à des valeurs qui sont vérifiées par des mesures, compte tenu des tolérances spécifiées.

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 de calcul fictif» définie à l'annexe A.

* Les câbles mentionnés dans la présente norme ne sont pas utilisables, en service normal, à une température assignée de l'âme supérieure à 90 °C ni à une tension assignée supérieure à 18/30 (36) kV. Mais il est tenu compte de la possibilité que les normes concernant les autres types de câbles puissent s'appliquer à la présente norme pour la spécification des mélanges pour gaines.

1.5 *Rated maximum conductor temperature of cable for which each type of oversheath may be used*

Sheathing compound	Maximum conductor temperature for normal operation (°C)
ST ₁	80
ST ₂	90
ST ₃	80
SE ₁	85

The sheathing compounds may be used on cables for which the maximum operating temperatures are 5 °C above the values given in the table when the rated voltages are equal to or greater than the following:

- for ST₃ and SE₁ sheaths: 6/10 (12) kV;
- for ST₁ and ST₂* sheaths: 18/30 (36) kV.

ST₁ and ST₂ are classes of sheathing compounds based on PVC.

ST₃ is a class of sheathing compound based on thermoplastic polyethylene.

SE₁ is a class of elastomeric sheathing compound based on polychloroprene, chloro-sulfonated polyethylene or similar polymers.

Note. — Another compound (ST₄) based on PE is under consideration for conductor temperatures higher than the rated temperature limits for ST₃.

2. **Definitions**

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

2.1 *Definitions of dimensional values (thicknesses, cross-sections, etc.)*a) *Nominal value*

Value by which a quantity is designated and which is often used in tables. Usually, in this standard, nominal values give rise to values to be checked by measurements taking into account specified tolerances.

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.

* None of the cables included in this standard are for normal operation at a conductor temperature above 90 °C or have a rated voltage above 18/30 (36) kV but account is taken of the possibility that standards for other types of cable might cross refer to this standard for details of sheathing compounds.

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 fabricant et acheteur (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 norme, 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.

SECTION DEUX – CONSTRUCTION

3. Ame conductrice

Les conducteurs doivent être de classe 1 ou 2 en cuivre recuit, nu ou revêtu d'une couche métallique, ou en aluminium ou alliage d'aluminium nu ou revêtu d'une couche métallique conformément à la Publication 228 de la CEI: Ames des câbles isolés.

4. Enveloppe isolante

4.1 Matériau

L'enveloppe isolante doit être constituée par un diélectrique massif extrudé, de l'un des types énumérés 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 spécifiées dans les tableaux I à IV, pages 30 à 32.
- 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.

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 manufacturer and purchaser (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 standard, in order to demonstrate satisfactory performance characteristics to meet the intended application. These tests are of such a nature that, after they have been made, they need not be repeated, unless changes are made in the cable materials or design 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 TWO – CONSTRUCTION

3. Conductors

The conductors shall be either of Class 1 or Class 2 of plain or metal-coated annealed copper or of plain or metal-coated aluminium or aluminium alloy in accordance with IEC Publication 228: Conductors of Insulated Cables.

4. Insulation

4.1 Material

Insulation shall be extruded solid dielectric of one of the types listed 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 IV, pages 31 to 33.
- 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) 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 mm + 10% de la valeur nominale spécifiée.
- e) L'épaisseur d'un séparateur ou d'un écran semi-conducteur disposé 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 paragraphe 5.4), les écrans sur conducteurs de câbles monoconducteurs ou multiconducteurs 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.

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 PE et au XLPE dont la tension assignée est supérieure à 1,8/3,0 (3,6) 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 (7,2) kV.
- b) Sauf indication contraire, il est nécessaire d'utiliser des écrans sur l'enveloppe isolante des câbles isolés au PE et au XLPE dont la tension assignée est supérieure à 1,8/3,0 (3,6) 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 (7,2) kV.

6. Assemblage des conducteurs, revêtements internes et bourrages

6.1 *Types de câbles multiconducteurs*

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

- 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 Insulating 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 (3.6) kV in cables insulated with PE and XLPE, and above 3.6/6.0 (7.2) kV in cables insulated with PVC and EPR.
- b) Insulation screening shall be employed at rated voltages above 1.8/3.0 (3.6) kV in cables insulated with PE and XLPE, and above 3.6/6.0 (7.2) 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.

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

6.2 Câbles de tension assignée 0,6/1 kV

- a) Les câbles multiconducteurs comportant une armure, un conducteur concentrique, ou tout autre revêtement métallique (voir 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, des rubans métalliques peuvent être appliqués directement sur l'assemblage des conducteurs, sans revêtement interne, à condition que l'épaisseur nominale de chaque ruban n'excède pas 0,3 mm et que le câble complet satisfasse à l'essai prescrit au paragraphe 17.18.
- c) Pour les câbles ne comportant ni armure, ni conducteur concentrique, ni autre revêtement métallique concentrique (voir 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 thermoplastiques sur conducteurs circulaires ayant des âmes de section supérieure à 10 mm².

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

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

Ce type de câble doit être conforme au point a) du paragraphe 6.2. 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 points a) et c) du paragraphe 6.2 et au paragraphe 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 un écran métallique concentrique sur l'assemblage des conducteurs

Ces câbles doivent être conformes au point a) du paragraphe 6.2.

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 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 bourrages distincts.

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) Metallic tapes may, however, be applied directly over the assembled cores, omitting the inner covering, provided that the nominal thickness of each tape does not exceed 0.3 mm and that the completed cable complies with the test specified in Sub-clause 17.18.
- 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 mm².

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

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

This type of cable shall comply with Item a) of Sub-clause 6.2. 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 Items a) and c) of Sub-clause 6.2 and with Sub-clause 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 Item a) of Sub-clause 6.2.

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) 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		Épaisseur 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.

7. Revêtements métalliques des câbles monoconducteurs et multiconducteurs

7.1 Types de revêtements métalliques

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

- a) écran métallique (voir article 8);
- b) conducteur concentrique (voir article 9);
- c) gaine métallique (voir article 10);
- d) armure métallique (voir 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 point b) du paragraphe 7.2.

- 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 monoconducteurs ou multiconducteurs.

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

- 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.

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:

- metallic screen (see Clause 8);
- concentric conductor (see Clause 9);
- metallic sheath (see Clause 10);
- 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 requirements 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 Item b) of Sub-clause 7.2.

- 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. The 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.

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

8. Ecran métallique

8.1 Construction

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

Il peut être aussi constitué par une gaine ou, dans le cas d'un écran collectif, par 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 règlements nationaux 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 (3,6) kV pour les isolations au PE et au XLPE et inférieures ou égales à 3,6/6,0 (7,2) kV pour les isolations au PVC et à l'EPR.

9. Conducteur concentrique

9.1 Construction

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

9.2 Prescriptions

La résistance électrique et le matériau du conducteur concentrique doivent être définis par les règlements nationaux 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 multiconducteurs; dans le cas des câbles monoconducteurs, 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.

8. Metallic screen

8.1 Construction

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

It may also be a sheath or, in the case of a collective screen, an armour which complies with 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 (3.6) kV with PE and XLPE insulation and up to and including 3.6/6.0 (7.2) kV with PVC and EPR insulation, these need not be associated with semi-conducting layers.

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. 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 doivent être en acier galvanisé, en acier plombé, en aluminium ou en alliage d'aluminium.

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

11.3 Dans le choix du matériau constituant l'armure, il est nécessaire d'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 paragraphe 8.1).

11.4 L'armure des câbles monoconducteurs utilisés dans des circuits à courant alternatif doit être constituée par 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 multiconducteurs, elle doit être appliquée sur un revêtement interne conforme au paragraphe 6.6 (sauf dans le cas du point b) du paragraphe 6.2).
- b) Dans le cas des câbles monoconducteurs, un revêtement extrudé ou rubané, dont l'épaisseur est définie aux points e) et f) du paragraphe 6.6, doit être disposé sous l'armure, s'il n'y a pas d'écran.
- c) Si une gaine de séparation est utilisée comme il est indiqué au paragraphe 11.10, elle doit être appliquée sous l'armure, à la place ou en plus du revêtement interne.

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:

0,8 — 1,25 — 1,6 — 2,0 — 2,5 — 3,15 — 4,0 — 5,0 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.

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 shall be of galvanized steel, lead-coated steel, aluminium or aluminium alloy.

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

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 Item *b*) of Sub-clause 6.2).
- b) In the case of single-core cables, a covering, extruded or lapped, of the thickness specified in Items *e*) and *f*) of Sub-clause 6.6, shall be applied under the armour if there is no screen.
- c) If a separation sheath is used as specified in Sub-clause 11.10, it shall be applied under the armour instead of, or in addition to, the inner covering.

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 wires:

0.8 — 1.25 — 1.6 — 2.0 — 2.5 — 3.15 — 4.0 — 5.0 mm diameter.

Flat galvanized steel wires:

0.8 — 1.2 — 1.4 mm thickness.

Tapes of steel:

0.2 — 0.5 — 0.8 mm thickness.

Rubans d'armure en aluminium ou en alliage d'aluminium:

0,5 — 0,8 mm d'épaisseur.

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

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

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) Rubans d'armure

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

Note. — Ce tableau ne s'applique pas aux câbles mentionnés au point b) du paragraphe 6.2 comportant des rubans métalliques appliqués directement sur l'assemblage des 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 0,3 mm peut être disposé en forme d'hélice ouverte sur une armure de fils d'acier méplats ou ronds, si cela est nécessaire. Les tolérances du paragraphe 11.6 s'appliquent à ce ruban d'acier.

Tapes of aluminium or aluminium alloy:

0.5 — 0.8 mm thickness.

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 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) Armour tapes

Fictitious diameter under the armour		Thickness of tape	
Above	Up to and including	Steel or galvanized steel	Aluminium or aluminium alloy
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
—	30	0.2	0.5
30	70	0.5	0.5
70	—	0.8	0.8

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

c) Flat 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) 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 prescrite au paragraphe 6.6 doit être renforcée par un matelas rubané, dont l'épaisseur nominale doit être de 0,5 mm si l'épaisseur des rubans d'armure est de 0,2 mm, et de 0,8 mm si l'épaisseur des rubans d'armure est supérieure à 0,2 mm. Si une gaine de séparation est prévue ou si le revêtement interne est extrudé et satisfait aux prescriptions du paragraphe 11.10, le matelas rubané supplémentaire n'est pas nécessaire. L'épaisseur totale du revêtement interne et du matelas rubané supplémentaire — mesurée par différence de diamètre — ne doit pas être inférieure à la valeur nominale de plus de $0,2 \text{ mm} + 20\%$. La valeur nominale est obtenue en ajoutant 0,5 mm ou 0,8 mm, suivant le cas, à la valeur donnée au paragraphe 6.6.
- 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'armure et l'écran sont constitués par des métaux différents, ils doivent être séparés par une gaine extrudée imperméable composée de l'un des matériaux indiqués au paragraphe 12.2.

Une gaine satisfaisant aux prescriptions pour une gaine de séparation peut aussi être appliquée sous l'armure d'un câble si l'écran n'est pas d'un métal différent et ce à la place ou en plus d'un revêtement interne.

- b) L'épaisseur nominale de cette gaine, arrondie à 0,1 mm près, doit être conforme à la formule suivante:

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

où D_u est le diamètre fictif sous la gaine, calculé comme indiqué dans 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) 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.

- 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 used, 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 separation sheath is provided, or if the inner covering is extruded and satisfies the requirements of Sub-clause 11.10, the additional taped bedding is unnecessary. The total thickness of the inner covering and the additional taped bedding—measured by difference in diameter—shall be not less than the nominal value by more than 0.2 mm + 20%. The nominal value is obtained by adding 0.5 mm or 0.8 mm, as appropriate, to the value given in Sub-clause 6.6.
- 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) When the metal screen and the armour are of different metals, they shall be separated by an impervious extruded sheath of one of the materials specified in Sub-clause 12.2.

A sheath complying with the requirement for a separation sheath may also be applied under the armour of cables not having a screen of a different metal. This may be instead of, or in addition to, an inner covering.

- b) The nominal thickness of this sheath, rounded to the nearest 0.1 mm, shall be derived from the formula.

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

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) 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 *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 dans les tableaux VIII à XII, pages 72 à 80.
- c) Le matériau de la gaine doit convenir à la température de service et doit être conforme aux prescriptions du paragraphe 1.5.

12.3 *Épaisseur 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 annexe A).

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

- b) Pour les câbles non armés et les câbles n'entrant pas dans le cas du point c) du paragraphe 12.3, l'épaisseur nominale de la gaine ne doit pas être inférieure à 1,4 mm pour les câbles monoconducteurs et à 1,8 mm pour les câbles multiconducteurs.
- 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.
- d) Pour une gaine appliquée sur une surface cylindrique lisse, par exemple un revêtement interne, une gaine métallique ou isolation d'un monoconducteur:

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, par exemple une gaine formant bourrage 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.

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 VIII to XII, pages 73 to 81.
- c) The sheathing material shall be suitable for its operating temperature in accordance with Sub-clause 1.5.

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 Item c) of Sub-clause 12.3, 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) 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.

TABLEAU I
Épaisseur de l'enveloppe isolante au PVC

Section nominale de l'âme	Épaisseur de l'enveloppe isolante des câbles de tension assignée ($U_o/U (U_m)$) kV				
	0,6/1 kV	1,8/3 (3,6) kV	3,6/6 (7,2) kV	6/10 (12) kV	8,7/15 (17,5) kV*
(mm ²)	(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	4,0	**
25	1,2	2,2	3,4	4,0	5,2
35	1,2	2,2	3,4	4,0	5,2
50 et 70	1,4	2,2	3,4	4,0	5,2
95 et 120	1,6	2,2	3,4	4,0	5,2
150	1,8	2,2	3,4	4,0	5,2
185	2,0	2,2	3,4	4,0	5,2
240	2,2	2,2	3,4	4,0	5,2
300	2,4	2,4	3,4	4,0	5,2
400	2,6	2,6	3,4	4,0	5,2
500 à 800	2,8	2,8	3,4	4,0	5,2
1 000	3,0	3,0	3,4	4,0	5,2

* L'isolation au PVC peut être utilisée pour des câbles de tension assignée égale à 8,7/15 (17,5) kV. C'est d'ailleurs une pratique courante dans certains pays; mais comme les pertes diélectriques du PVC sont relativement importantes, il est préférable d'utiliser, pour cette tension assignée, un des matériaux d'isolation mentionnés dans la présente norme.

** 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 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.

TABLEAU II
Épaisseur de l'enveloppe isolante au polyéthylène (PE)

Section nominale de l'âme	Épaisseur de l'enveloppe isolante des câbles de tension assignée ($U_o/U (U_m)$) kV				
	3,6/6 (7,2) kV	6/10 (12) kV	8,7/15 (17,5) kV	12/20 (24) kV	18/30 (36) kV
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1,5 et 2,5	—	—	—	—	—
4 et 6	*	—	—	—	—
10	2,5	*	—	—	—
16	2,5	3,4	*	—	—
25	2,5	3,4	4,5	*	—
35	2,5	3,4	4,5	5,5	—
50 et 70	2,5	3,4	4,5	5,5	8,0
95 et 120	2,5	3,4	4,5	5,5	8,0
150	2,5	3,4	4,5	5,5	8,0
185	2,5	3,4	4,5	5,5	8,0
240	2,6	3,4	4,5	5,5	8,0
300	2,8	3,4	4,5	5,5	8,0
400	3,0	3,4	4,5	5,5	8,0
500 à 800	3,2	3,4	4,5	5,5	8,0
1 000	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 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 I
PVC insulation thickness

Nominal cross-sectional area of conductor	Thickness of insulation at rated voltage ($U_o/U (U_m)$) kV				
	0.6/1 kV	1.8/3 (3.6) kV	3.6/6 (7.2) kV	6/10 (12) kV	8.7/15 (17.5) kV*
(mm ²)	(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	4.0	**
25	1.2	2.2	3.4	4.0	5.2
35	1.2	2.2	3.4	4.0	5.2
50 and 70	1.4	2.2	3.4	4.0	5.2
95 and 120	1.6	2.2	3.4	4.0	5.2
150	1.8	2.2	3.4	4.0	5.2
185	2.0	2.2	3.4	4.0	5.2
240	2.2	2.2	3.4	4.0	5.2
300	2.4	2.4	3.4	4.0	5.2
400	2.6	2.6	3.4	4.0	5.2
500 to 800	2.8	2.8	3.4	4.0	5.2
1 000	3.0	3.0	3.4	4.0	5.2

* PVC insulation can be used for 8.7/15 (17.5) kV cables and is included to cover practices in some countries but because of the relatively high dielectric loss of PVC, one of the other insulating materials included in this standard is generally preferable at this voltage.

** Any smaller conductor cross-section than those given in these tables is not recommended. However, if a small cross-section is needed, either the diameter of the conductor shall be increased by a conductor screen (see Subclause 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.

TABLE II
Polyethylene (PE) insulation thickness

Nominal cross-sectional area of conductor	Thickness of insulation at rated voltage ($U_o/U (U_m)$) kV				
	3.6/6 (7.2) kV	6/10 (12) kV	8.7/15 (17.5) kV	12/20 (24) kV	18/30 (36) kV
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1.5 and 2.5	—	—	—	—	—
4 and 6	*	—	—	—	—
10	2.5	*	—	—	—
16	2.5	3.4	*	—	—
25	2.5	3.4	4.5	*	—
35	2.5	3.4	4.5	5.5	*
50 and 70	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0
95 and 120	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0
150	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0
185	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0
240	2.6	3.4	4.5	5.5	8.0
300	2.8	3.4	4.5	5.5	8.0
400	3.0	3.4	4.5	5.5	8.0
500 to 800	3.2	3.4	4.5	5.5	8.0
1 000	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 small cross-section is needed, either the diameter of the conductor shall be increased by a conductor screen (see Subclause 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.

TABLEAU III
Épaisseur de l'enveloppe isolante au polyéthylène réticulé (XLPE)

Section nominale de l'âme	Épaisseur de l'enveloppe isolante des câbles de tension assignée ($U_0/U (U_m)$) kV						
	0,6/1 kV	1,8/3 (3,6) kV	3,6/6 (7,2) kV	6/10 (12) kV	8,7/15 (17,5) kV	12/20 (24) kV	18/30 (36) kV
(mm ²)	(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

* 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 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.

TABLEAU IV
Épaisseur de l'enveloppe isolante au caoutchouc d'éthylène-propylène (EPR)

Section nominale de l'âme	Épaisseur de l'enveloppe isolante des câbles de tension assignée ($U_0/U (U_m)$) kV						
	0,6/1 kV	1,8/3 (3,6) kV	3,6/6 (7,2) kV	6/10 (12) kV	8,7/15 (17,5) kV	12/20 (24) kV	18/30 (36) kV
(mm ²)	(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	1,4	2,2	3,0	3,4	4,5	5,5	8,0
70 et 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 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 III
Cross-linked polyethylene (XLPE) insulation thickness

Nominal cross-sectional area of conductor	Thickness of insulation at rated voltage ($U_o/U (U_m)$) kV						
	0.6/1 kV	1.8/3 (3.6) kV	3.6/6 (7.2) kV	6/10 (12) kV	8.7/15 (17.5) kV	12/20 (24) kV	18/30 (36) kV
(mm ²)	(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

* Any smaller conductor cross-section than those given in these tables is not recommended. However, if a small 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 voltage.

TABLE IV
Ethylene propylene rubber (EPR) insulation thickness

Nominal cross-sectional area of conductor	Thickness of insulation at rated voltage ($U_o/U (U_m)$) kV						
	0.6/1 kV	1.8/3 (3.6) kV	3.6/6 (7.2) kV	6/10 (12) kV	8.7/15 (17.5) kV	12/20 (24) kV	18/30 (36) kV
(mm ²)	(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	1.4	2.2	3.0	3.4	4.5	5.5	8.0
70 and 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 small 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 voltage.

SECTION TROIS — PRESCRIPTIONS D'ESSAI

13. Conditions d'essais

13.1 *Température ambiante*

Sauf spécification contraire précisée pour chaque essai particulier, les essais de tension doivent être effectués à une température ambiante de $20 \pm 15^\circ\text{C}$ et les autres essais à une température ambiante de $20 \pm 5^\circ\text{C}$.

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 de leurs accessoires, le front d'onde doit être compris entre 1 μs et 5 μs , et la durée jusqu'à la moitié de la valeur de crête comprise entre 40 μs et 60 μs ; l'onde de choc doit, en outre, être conforme à la Publication 60 de la CEI: 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 paragraphe 14.2);
- b) essai de décharges partielles (voir paragraphe 14.3) pour les câbles isolés au PE ou au XLPE de tension supérieure à 1,8/3 (3,6) kV et pour les câbles isolés au PVC ou à l'EPR de tension supérieure à 3,6/6 (7,2) kV;
- c) essai à haute tension (voir paragraphe 14.4).

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

14.2 *Résistance électrique des conducteurs*

- a) Pour les câbles multiconducteurs, la mesure doit être effectuée 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. S'il est douteux que la température du conducteur soit égale à celle du local, la résistance de l'âme du conducteur sera mesurée après un séjour de 24 h dans le local d'essai. La résistance peut également être mesurée 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 $20 \pm 15^\circ\text{C}$ and other tests at an ambient temperature of $20 \pm 5^\circ\text{C}$.

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 $1\ \mu\text{s}$ and $5\ \mu\text{s}$ and a nominal time to half the peak value between $40\ \mu\text{s}$ and $60\ \mu\text{s}$, 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) partial discharge test (see Sub-clause 14.3) on cables insulated with PE or XLPE for voltages above 1.8/3 (3.6) kV and cables insulated with PVC or EPR for voltages above 3.6/6 (7.2) kV;
- c) high-voltage test (see Sub-clause 14.4).

The routine tests shall normally be carried out on all finished cable lengths, but the number of lengths may be reduced by agreement between manufacturer and purchaser (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 can 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 CEI.

- 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 CEI. Pour les conducteurs concentriques, la résistance doit être conforme aux règlements nationaux et/ou aux normes nationales.

14.3 Essai de décharges partielles

- a) Cet essai doit être effectué sur les câbles isolés au PE ou au XLPE dont la tension assignée est supérieure à 1,8/3 (3,6) kV, et sur les câbles isolés à l'EPR ou au PVC dont la tension assignée est supérieure à 3,6/6 (7,2) kV.

Dans le cas des câbles multiconducteurs, 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 décharges partielles doit être effectué comme indiqué à l'article 3 de la Publication 540 de la CEI: Méthodes d'essai 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 l'EPR, le PE et le XLPE et inférieure ou égale à 40 pC pour le PVC.
- c) L'amplitude des décharges partielles à $1,5 U_0$ ne doit pas être supérieure à 20 pC pour l'EPR, le PE et le XLPE et 40 pC pour le PVC.

14.4 Essai de tension

- a) Généralités

On effectue l'essai de tension 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 monoconducteurs

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

Les câbles monoconducteurs 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 monoconducteurs sans écran ni autre revêtement métallique.

- c) Méthode d'essai pour les câbles multiconducteurs

Les câbles multiconducteurs 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 multiconducteurs 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'ils existent.

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.

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 *Partial discharge test*

- a) The partial discharge test shall be made on cables insulated with PE or XLPE of rated voltages above 1.8/3 (3.6) kV, and on cables insulated with EPR or PVC of rated voltages above 3.6/6 (7.2) kV.

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

- b) The partial discharge test shall be carried out in accordance with Clause 3 of IEC Publication 540: Test Methods for Insulations and Sheaths of Electric Cables and Cords (Elastomeric and Thermoplastic Compounds), the minimum detectable discharge pulse being 20 pC or less for EPR, PE and XLPE and 40 pC or less for PVC.
- c) The magnitude of the discharge at 1.5 U_0 shall not exceed 20 pC for EPR, PE and XLPE and 40 pC for PVC.

14.4 *Voltage test*

a) *General*

The 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) 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 (7,2) kV, et $2,5 U_0$ 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.

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'enveloppe isolante.

15. Essais spéciaux

15.1 Généralités

Les essais spéciaux prescrits par cette norme sont:

- a) examen de l'âme du conducteur (voir paragraphe 15.4);
- b) vérifications dimensionnelles (voir paragraphes 15.5 à 15.8);
- c) essai électrique pour les câbles de tension assignée supérieure à 3,6/6 kV (voir paragraphe 15.9);
- d) essai d'allongement à chaud de l'EPR et du XLPE (voir paragraphe 15.10).

15.2 Fréquence des essais spéciaux

a) Examen du conducteur et vérification dimensionnelle

Si l'acheteur le demande, l'examen du conducteur, les mesures d'épaisseurs d'isolation et de gaines et les mesures de diamètres extérieurs doivent être effectués 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 stipulées dans la commande.

b) Essais électriques et physiques

Les essais spécifiés sont effectués, par accord entre fabricant et acheteur, 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 multiconducteurs ou 4 km pour les câbles monoconducteurs.

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 (7.2) 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.

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.

15. Special tests

15.1 General

The special tests required by this standard are:

- a) conductor examination (see Sub-clause 15.4);
- b) check of dimensions (see Sub-clauses 15.5 to 15.8);
- c) 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).

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) Electrical and physical tests

By agreement between manufacturer and purchaser, 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:

Longueur de câble				Nombre d'échantillons
Câbles multiconducteurs		Câbles monoconducteurs		
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 Répétition de l'essai

Si l'un quelconque des essais de l'article 15 n'est pas satisfaisant, il est recommandé de prélever deux nouveaux échantillons sur le même lot de câbles et de les soumettre à la mesure ou aux mesures défectueuses. Si les deux contre-essais sont satisfaisants, l'ensemble des câbles du lot est considéré comme conforme aux prescriptions de cette spécification. Si l'un ou l'autre des contre-essais est défectueux, le lot de câbles est considéré comme non conforme. Le prélèvement et la mesure de nouveaux échantillons sont alors sujets à discussion.

15.4 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.

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

15.5.1 Généralités

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

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

Pour les câbles ayant plus de trois conducteurs de sections nominales égales, le nombre de conducteurs sur lesquels les mesures sont effectuées doit être limité au chiffre le plus élevé de trois ou de 10% des conducteurs.

Si l'épaisseur moyenne, ou la plus petite valeur mesurée, ne répond pas aux prescriptions du paragraphe 15.5.2, deux nouveaux échantillons sont 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.

15.5.2 Prescriptions

a) Enveloppe isolante

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

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

où:

t_m = épaisseur minimale

t_n = épaisseur nominale

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 Repetition of tests

If any sample should fail in any of the tests in Clause 15, it is recommended that two further samples be taken from the same batch and submitted to the same test or tests in which the original sample failed. Should both additional samples pass the tests, all the cables in the batch from which they were taken should be regarded as complying with the requirements of this specification. Should either of them fail, the batch of which these samples were representative should be regarded as failing to comply. Further re-sampling and testing should then be a matter of negotiation.

15.4 Conductor examination

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

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

15.5.1 General

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

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

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 larger.

If the average thickness measured or the lowest value measured fails to meet the requirements specified in Sub-clause 15.5.2, 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.

15.5.2 Requirements

a) Insulation

For each piece of core the average of the measured values, rounded to 0.1 mm in accordance with Appendix B, shall be not less than the specified nominal thickness, and the smallest value shall not fall below the nominal value by more than 0.1 mm + 10% of the specified nominal value, i.e.:

$$t_m \geq t_n - (0.1 + 0.1 t_n), \text{ in millimetres}$$

where:

t_m = minimum thickness

t_n = nominal thickness

b) *Gaines non métalliques*

Chaque échantillon de gaine doit satisfaire aux prescriptions suivantes:

- Pour une gaine appliquée sur une surface cylindrique lisse (par exemple, sur un revêtement interne, une gaine métallique ou l'isolation d'un câble monoconducteur), la moyenne des valeurs mesurées, arrondie à 0,1 mm (voir annexe B), ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale prescrite et la plus petite valeur mesurée ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale diminuée de 0,1 mm + 15% de la valeur nominale spécifiée:

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

- Pour une gaine appliquée sur une surface cylindrique irrégulière (par exemple 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 une gaine de séparation, la plus petite valeur mesurée ne doit pas être inférieure à la valeur nominale spécifiée, diminuée de 0,2 mm + 20% de l'épaisseur nominale spécifiée:

$$t_m \geq t_n - (0,2 + 0,2 t_n), \text{ en millimètres}$$

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

L'épaisseur de la gaine métallique de plomb est déterminée par l'une des deux méthodes suivantes, au choix du fabricant, et l'épaisseur ne doit pas être inférieure à 95% de la valeur spécifiée de plus de 0,1 mm. La plus petite valeur mesurée ne doit pas être inférieure à l'épaisseur minimale prescrite.

Note. — Pour les gaines métalliques d'un autre type, les méthodes de mesure sont à l'étude.

15.6.1 *Méthode « à plat »*

La mesure est faite sur un échantillon de gaine de 50 mm de longueur environ, retiré d'une longueur de câble terminé.

L'échantillon est fendu longitudinalement, puis soigneusement redressé. Après nettoyage, l'épaisseur de l'échantillon est mesurée en un certain nombre de points, le long de la périphérie, à 10 mm au moins du bord de l'éprouvette redressée, pour être sûr que l'épaisseur minimale est mesurée. Les mesures sont effectuées à l'aide d'un micromètre à faces planes, de touches comprises entre 4 mm et 8 mm de diamètre et de précision $\pm 0,01$ mm.

15.6.2 *Méthode de l'anneau*

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

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

15.7.1 *Mesure sur les fils*

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

b) Non-metallic sheaths

The 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 of the measured values, rounded to 0.1 mm in accordance with Appendix B, shall be not less than the specified nominal thickness and the smallest value measured shall not fall below the specified nominal thickness by more than 0.1 mm + 15% of the specified nominal value, i.e.:

$$t_m \geq t_n - (0.1 + 0.15 t_n), \text{ in millimetres}$$

- 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 the specified nominal thickness by more than 0.2 mm + 20% of the specified nominal thickness: i.e.:

$$t_m \geq t_n - (0.2 + 0.2 t_n), \text{ in millimetres}$$

15.6 *Measurement of thickness of lead sheath*

The thickness of lead sheaths shall be determined by one of the following methods, at the discretion of the manufacturer and shall not fall below 95% of the specified value by more than 0.1 mm. The smallest measured value shall be not less than the specified minimum thickness.

Note. — Methods of measuring thickness of other types of metallic sheath are under consideration.

15.6.1 *Strip method*

The measurement shall be made on a test piece of sheath about 50 mm in length removed from the finished cable length.

The piece shall be slit longitudinally and carefully flattened. After cleaning the test piece, a number of measurements shall be taken along the circumference of the sheath and not less than 10 mm away from the edge of the flattened piece to ensure that the minimum thickness is measured. The measurement shall be made with a micrometer with plane faces of 4 mm to 8 mm diameter and an accuracy of ± 0.01 mm.

15.6.2 *Ring method*

The measurements shall be made on a ring of the sheath carefully cut from the sample. The thickness shall be determined at a sufficient number of points around the circumference of the ring to ensure that the minimum thickness is measured. The measurements shall be made with a micrometer having either one flat nose and one ball nose, or one flat nose and a flat rectangular nose 0.8 mm wide and 2.4 mm long. The ball nose or the flat rectangular nose shall be applied to the inside of the ring. The accuracy of the micrometer shall be ± 0.01 mm.

15.7 *Measurement of armouring wires and tapes*

15.7.1 *Measurement on wires*

The diameter of round wires and the thickness of flat wires shall be measured by means of a micrometer having two flat noses to an accuracy of ± 0.01 mm. For round wires two measurements shall be made at right angles to each other at the same position and the average of the two values taken as the diameter.

15.7.2 *Mesure sur les rubans*

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

15.7.3 *Prescriptions*

Les dimensions des fils et des rubans ne doivent pas être inférieures aux valeurs indiquées au paragraphe 11.6.

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 tension de 4 h*

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

a) *Echantillonnage*

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

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 augmentée progressivement jusqu'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 des enveloppes isolées à l'EPR et au XLPE et des gaines en matériau du type SE₁*

a) *Mode opératoire*

L'échantillonnage et la méthode d'essai doivent être conformes au paragraphe 14.1 de la Publication 540 de la CEI et aux valeurs données dans les tableaux XI et XII, pages 78 et 80.

15.7.2 Measurement on tapes

For tapes up to 40 mm in width the thickness shall be measured at the centre of the width. For wider tapes the measurements shall be made 20 mm from each edge of the tape and the average of the results taken as the thickness. The measurement shall be made with a micrometer having two flat noses to an accuracy of ± 0.01 mm.

15.7.3 Requirement

The dimensions of the wires or tapes shall be not less than required in Sub-clause 11.6.

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 Voltage test for 4 h

This test is applicable only to cables of rated voltage above 3.6/6 (7.2) kV.

a) Sampling

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

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 and sheaths of SE_1

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 Tables XI and XII, pages 79 and 81.

b) Prescriptions

Les résultats des essais doivent être conformes aux valeurs données dans le tableau XI, page 78, pour les mélanges isolants des types EPR et XLPE, et dans le tableau XII, page 80, pour les mélanges de gaine du type SE₁.

16. Essais électriques de type

16.1 Câbles isolés au PE ou au XLPE de tension assignée supérieure à 1,8/3 (3,6) kV et pour les câbles isolés au PVC ou à l'EPR de tension assignée supérieure à 3,6/6 (7,2) kV

- a)* Pour ces câbles, on doit effectuer les essais électriques de type énumérés au paragraphe 16.1.1 sur un échantillon de câble complet mesurant de 10 m à 15 m de longueur entre les accessoires d'essai.
- b)* Avec les exceptions indiquées aux points *a)* et *c)* du paragraphe 16.1.2, tous les essais énumérés au paragraphe 16.1.1 doivent être effectués successivement sur le même échantillon.
- c)* Dans le cas des câbles multiconducteurs, chacun des essais ou chacune des mesures doit être effectué(e) sur tous les conducteurs.

16.1.1 Série d'essais

La série normale d'essais doit être effectuée dans l'ordre suivant:

- a)* essai de décharges partielles (voir paragraphe 16.1.3);
- b)* essai d'enroulement suivi d'un essai de décharges partielles. L'amplitude de la décharge sous une tension de $1,5 U_0$ doit être enregistrée (voir paragraphe 16.1.4);
- c)* mesure de $\text{tg } \delta$ en fonction de la tension et mesure de la capacité (voir paragraphe 16.1.5 et le point *c)* du paragraphe 16.1.2);
- d)* mesure de $\text{tg } \delta$ en fonction de la température (voir paragraphe 16.1.6 et le point *c)* du paragraphe 16.1.2);
- e)* essai de cycles de chauffage, suivi d'un essai de décharges partielles. L'amplitude de la décharge sous une tension de $1,5 U_0$ doit être enregistrée (voir paragraphe 16.1.7);
- f)* essai de tenue aux ondes de choc, suivi d'un essai sous tension à fréquence industrielle (voir paragraphe 16.1.8);
- g)* essai à haute tension en courant alternatif (voir paragraphe 16.1.9).

16.1.2 Dispositions particulières

- a)* Les essais *c)* et *d)* peuvent être effectués sur des échantillons différents de celui qui est utilisé (voir paragraphe 16.1) pour la série normale d'essais énumérée au paragraphe 16.1.1.
- b)* Un nouvel échantillon est prélevé pour l'essai *g)*, à condition qu'il soit soumis préalablement aux essais *b)* et *e)* du paragraphe 16.1.1.
- c)* Les câbles dont la tension assignée est inférieure à 6/10 (12) kV ne sont pas soumis aux essais *c)* et *d)* du paragraphe 16.1.1.

16.1.3 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 $1,5 U_0$ doit être mesurée et notée. Cette valeur ne doit pas être supérieure à 20 pC pour le PE, le XLPE et l'EPR et à 40 pC pour le PVC.

b) Requirements

The test results shall comply with the requirements given in Table XI, page 79, for EPR and XLPE insulation and in Table XII, page 81, for SE₁ sheaths.

16. Type tests, electrical**16.1 Cables insulated with PE or XLPE of rated voltages above 1.8/3 (3.6) kV and cables insulated with PVC or EPR of rated voltages above 3.6/6 (7.2) 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 Items a) and c) of Sub-clause 16.1.2 all the tests listed in Sub-clause 16.1.1 shall be applied successively to the same sample.
- 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) partial discharge test (see Sub-clause 16.1.3);
- b) bending test, plus partial discharge test. The magnitude of the discharge at 1.5 U_0 shall be recorded (see Sub-clause 16.1.4);
- c) $\tan \delta$ measurement as a function of the voltage and capacitance measurement (see Sub-clause 16.1.5 and Item c) of Sub-clause 16.1.2);
- d) $\tan \delta$ measurement as a function of the temperature (see Sub-clause 16.1.6 and Item c) of Sub-clause 16.1.2);
- e) heating cycle test plus partial discharge test. The magnitude of the discharge at 1.5 U_0 shall be recorded (see Sub-clause 16.1.7);
- f) impulse withstand test, followed by a power frequency voltage test (see Sub-clause 16.1.8);
- g) high-voltage alternating current test (see Sub-clause 16.1.9).

16.1.2 Special provisions

- a) Tests c) and d) 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 g), provided this test sample is submitted previously to Tests b) and e) listed in Sub-clause 16.1.1.
- c) Tests c) and d) listed in Sub-clause 16.1.1, are not required on cables with rated voltage below 6/10 (12) kV.

16.1.3 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 1.5 U_0 shall be measured and recorded. This value shall not be higher than 20 pC for PE, XLPE and EPR or higher than 40 pC for PVC.

16.1.4 *Essai d'enroulement*

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

Ce cycle d'opérations doit être effectué trois fois.

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

- pour les câbles monoconducteurs: $20 (d + D) \pm 5\%$;
- pour les câbles multiconducteurs: $15 (d + D) \pm 5\%$;

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 de décharges partielles et doit répondre aux prescriptions du paragraphe 16.1.3.

* 16.1.5 *Mesure de $\text{tg } \delta$ en fonction de la tension et mesure de la capacité (pour les câbles de tension assignée supérieure ou égale à 6/10 (12) kV)*

- a) Le facteur de puissance de l'échantillon, conditionné mécaniquement comme indiqué au paragraphe 16.1.4, doit être mesuré à la température ambiante, sous des tensions alternatives, à fréquence industrielle, égales à $0,5 U_0$, U_0 et $2 U_0$.
- b) Les valeurs mesurées ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans le tableau V, page 66.

16.1.6 *Mesure de $\text{tg } \delta$ en fonction de la température (pour les câbles de tension assignée supérieure ou égale à 6/10 (12) kV)*

- a) L'échantillon de câble complet doit être chauffé selon l'une des méthodes décrites ci-dessous; dans chaque cas, on doit déterminer la température du conducteur soit en mesurant sa résistance, 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 à l'EPR, au PE ou au XLPE, la température doit être élevée progressivement jusqu'à ce que le conducteur atteigne la température assignée maximale indiquée au paragraphe 1.4.

Pour les câbles isolés au PVC/B, la température doit être élevée progressivement jusqu'à ce que le conducteur atteigne 60°C , la température assignée maximale (70°C), 80°C et 85°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 V.

16.1.4 *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 repeated, except that the bending of the sample shall be in the reverse direction.

This cycle of operations shall be carried out three times.

- 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 16.1.3.

16.1.5 *Tan δ measurement as a function of the voltage (for cables of rated voltage 6/10 (12) kV and above)*

- a) The power factor of the sample, mechanically conditioned as described in Sub-clause 16.1.4, shall be measured at ambient temperature, with alternating voltage at power frequency of $0.5 U_0$, U_0 and $2 U_0$.
- b) The measured values shall not exceed those given in Table V, page 67.

16.1.6 *Tan δ measurement as a function of the temperature (for cables of rated voltage 6/10 (12) 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 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 $\pm 2^\circ\text{C}$ 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 V.

16.1.7 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 °C à la température assignée maximale de l'enveloppe isolante.

Pour les câbles à plusieurs conducteurs, le courant de chauffage doit être appliqué sur tous les conducteurs.

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, les mesures de décharges partielles décrites au paragraphe 16.1.3 doivent être effectuées sur l'échantillon, aux prescriptions desquelles cet échantillon doit satisfaire.

16.1.8 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 doit être appliquée conformément au mode opératoire indiqué dans la Publication 230 de la CEI.

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

Tension de tenue aux impulsions

Tension assignée $U_o/U (U_m)$ (kV)	3,6/6 (7,2)	6/10 (12)	8,7/15 (17,5)	12/20 (24)	18/30 (36)
Tension d'essai (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 point d) du paragraphe 14.4. Il ne doit pas se produire de perforation de l'enveloppe isolante.

16.1.9 Essai à haute tension 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_o . Elle doit être portée graduellement jusqu'à la valeur spécifiée. Il ne doit pas se produire de perforation de l'enveloppe isolante.

16.1.7 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.

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 16.1.3 and shall comply with the requirements of that clause.

16.1.8 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 ten positive and ten negative voltage impulses, of the appropriate value given in the following table.

Impulse withstand voltages

Rated voltage U_0/U_m (kV)	3.6/6 (7.2)	6/10 (12)	8.7/15 (17.5)	12/20 (24)	18/30 (36)
Test 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 Item d) of Sub-clause 14.4. No breakdown of the insulation shall occur.

16.1.9 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 increased gradually to the specified value. No breakdown of the insulation shall occur.

16.2 *Essais électriques de type pour câbles de tensions assignées inférieures ou égales à 1,8/3 (3,6) kV pour le PE et le XLPE et 3,6/6 (7,2) kV pour le PVC et l'EPR*

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

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

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

16.2.1 *Mesure de la résistance d'isolement*

16.2.1.1 *Mesure à la température ambiante*

- Cet essai doit être effectué 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 doit être faite entre les âmes conductrices et l'eau.

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

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

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

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

où:

- ρ = résistivité transversale, en ohms centimètres
 R = résistance d'isolement mesurée, en ohms
 l = longueur de 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_i » au moyen de la formule suivante:

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

Note. — Pour les conducteurs à âme sectorale, le rapport D/d est le rapport du périmètre de l'enveloppe isolante à celui de l'âme.

- Prescriptions.* — Les valeurs calculées à partir des mesures effectuées ne doivent pas être inférieures à celles qui sont indiquées dans le tableau V, page 66.

16.2.1.2 *Mesure à la température assignée maximale*

- Après avoir retiré 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 comprise entre 80 V et 500 V et être appliquée pendant une durée suffisante, égale à 1 min au moins et à 5 min au plus, afin que l'on obtienne une lecture stable.

16.2 *Electrical type tests on cables with rated voltage not exceeding 1.8/3 (3.6) kV for PE and XLPE insulation and 3.6/6 (7.2) 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 *Insulation resistance measurement*

16.2.1.1 *Measurement at ambient 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 $20 \pm 1^\circ\text{C}$.

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

- b) *Calculations.* — The volume resistivity shall be calculated from the measured insulation resistance by the following formula:

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

where:

- ρ = 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_i " may be calculated, using the formula:

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

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

- c) *Requirements.* — The values calculated from the measurements shall be not less than those specified in Table V, page 67.

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 at the specified temperature for at least 1 h before the test.

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

- b) *Calculs.* — La résistivité transversale et/ou la constante d'isolement doivent être calculées à partir de la résistance d'isolement par les formules données au point b) du paragraphe 16.2.1.1).
- c) *Prescriptions.* — Les valeurs calculées à partir des mesures effectuées ne doivent pas être inférieures à celles qui sont indiquées dans le tableau V, page 66.

16.2.2 Essai de tension 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 VI, page 68, 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 prélève un échantillon sur chaque conducteur isolé.

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).

b) Mode opératoire

Le mode opératoire est celui qui est décrit dans l'article 4 de la Publication 540 de la C E I.

c) Prescriptions

La moyenne de toutes les valeurs mesurées sur chaque conducteur, arrondie à 0,1 mm près (voir annexe B), ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale spécifiée et la plus petite valeur mesurée ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale spécifiée diminuée de 0,1 mm + 10% de la valeur nominale spécifiée, soit:

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

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

a) Echantillonnage

On prélève un seul échantillon de câble.

b) Mode opératoire

Le mode opératoire est celui qui est décrit dans l'article 4 de la Publication 540 de la C E I.

c) Prescriptions

Chaque échantillon de gaine doit satisfaire aux prescriptions suivantes:

- pour une gaine appliquée sur une surface cylindrique lisse (par exemple, sur un revêtement interne, une gaine métallique ou l'isolation d'un câble monoconducteur) la moyenne des valeurs mesurées, arrondie à 0,1 mm (voir annexe B), ne doit pas être inférieure à

- b) *Calculations.* — The volume resistivity and/or the insulation resistance constant shall be calculated from the insulation resistance by the formulae given in Item b) of Sub-clause 16.2.1.1).
- c) *Requirements.* — The values calculated from the measurements shall be not less than those specified in Table V, page 67.

16.2.2 *Voltage test for 4 h*

The insulated 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 VI, page 69.

17.1 *Measurement of thickness of insulation*

a) *Sampling*

One sample shall be taken from each insulated cable core.

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) *Procedure*

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

c) *Requirements*

The average of all the measured values on each core rounded off to 0.1 mm in accordance with Appendix B, shall be not less than the specified nominal thickness and the smallest measured value shall not fall below the specified nominal thickness by more than 0.1 mm + 10% of the specified nominal thickness, i.e.:

$$t_m \geq t_n - (0.1 + 0.1 t_n), \text{ in millimetres}$$

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.

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 of the measured values, rounded off to 0.1 mm in accordance with Appendix B, shall be not less than the specified nominal

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

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

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

$$t_m \geq t_n - (0,2 + 0,2 t_n), \text{ en millimètres}$$

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

a) Echantillonnage

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

b) Vieillessement

Le vieillissement des éprouvettes doit être effectué conformément à l'article 6 de la Publication 540 de la CEI et aux valeurs spécifiées dans le tableau VII, page 70.

c) Conditionnement et essais mécaniques

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

d) Prescriptions

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

17.4 Détermination des propriétés mécaniques des gaines avant et après vieillissement

a) Echantillonnage

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

b) Vieillessement

Le vieillissement des éprouvettes doit être effectué conformément à l'article 6 de la Publication 540 de la CEI et aux valeurs spécifiées dans le tableau VIII, page 72.

c) Conditionnement et essais mécaniques

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

d) Prescriptions

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

17.5 Essais additionnels 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.

thickness and the smallest measured value shall not fall below the specified nominal thickness by more than $0.1 \text{ mm} + 15\%$ of the specified nominal thickness, i.e.:

$$t_m \geq t_n - (0.1 + 0.15 t_n), \text{ in millimetres}$$

- 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 the specified nominal thickness by more than $0.2 \text{ mm} + 20\%$ of the specified nominal thickness, i.e.:

$$t_m \geq t_n - (0.2 + 0.2 t_n), \text{ in millimetres}$$

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 VII, page 71.

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 VII.

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 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.

17.5 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) *Echantillonnage*

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

c) *Vieillessement thermique*

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

- température: $10 \pm 2^\circ\text{C}$ au-dessus de la température assignée de service du câble ou, si la température de service n'est pas connue, à $10 \pm 2^\circ\text{C}$ au-dessus de la température assignée maximale de l'âme pour l'enveloppe isolante (voir tableau VII, page 70);
- durée: 7×24 h.

d) *Essais mécaniques*

Les éprouvettes d'isolation et de gaine doivent être préparées à partir des échantillons de câbles vieillis suivant le mode opératoire décrit dans 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 paragraphes 17.3 et 17.4), ne doivent pas être supérieures aux valeurs correspondantes pour l'essai de vieillissement en étuve spécifiées dans le tableau VII pour les isolants et dans le tableau VIII, page 72, pour les gaines.

17.6 *Perte de masse pour les gaines de PVC de type ST₂*

a) *Mode opératoire*

L'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes à l'article 7 de la Publication 540 de la CEI.

b) *Prescriptions*

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions indiquées dans le tableau IX, page 74.

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

a) *Mode opératoire*

L'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes à l'article 8 de la Publication 540 de la CEI. Les conditions de l'essai sont indiquées dans le tableau IX.

b) *Prescriptions*

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

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

a) *Mode opératoire*

L'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes à l'article 9 de la Publication 540 de la CEI, avec les températures d'essai spécifiées dans le tableau IX.

b) *Prescriptions*

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

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: $10 \pm 2^\circ\text{C}$ above the rated operating conductor temperature of the cable or, if the operating temperature of the cable is not known, $10 \pm 2^\circ\text{C}$ above the rated operating conductor temperature for the insulating material (see Table VII, page 71);
- duration: 7×24 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 VII for insulation and Table VIII, page 73, for sheaths.

17.6 *Loss of mass test on PVC sheaths of Type ST₂*

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 IX, page 75.

17.7 *Tests 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 IX.

b) Requirements

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

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 IX.

b) Requirements

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

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

a) *Mode opératoire*

L'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes à l'article 10 de la Publication 540 de la CEI. La température et la durée du chauffage sont indiquées dans le tableau IX, page 74.

b) *Prescriptions*

Les résultats des essais doivent satisfaire aux prescriptions de 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 à l'article 12 de la Publication 540 de la CEI.

b) *Prescriptions*

Les résultats des essais doivent satisfaire aux prescriptions indiquées dans le tableau X, page 76.

17.11 *Essais de résistance à l'ozone pour les enveloppes isolantes en EPR*

a) *Mode opératoire*

L'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes à l'article 13 de la Publication 540 de la CEI. La concentration en ozone et la durée de l'essai sont indiquées dans le tableau XI, page 78.

b) *Prescriptions*

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

17.12 *Essai d'allongement à chaud pour les enveloppes isolées à l'EPR ou à l'XLPE et pour les gaines en matériau du type SE₁*

a) *Mode opératoire*

L'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes à l'article 14 de la Publication 540 de la CEI en prenant pour valeurs d'essai celles qui sont données dans les tableaux XI et XII, pages 78 et 80.

b) *Prescriptions*

Les résultats des essais doivent satisfaire aux prescriptions indiquées dans le tableau XI pour les mélanges isolants EPR et XLPE, et dans le tableau XII pour les mélanges pour gaines SE₁.

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

a) *Mode opératoire*

L'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes à l'article 15 de la Publication 540 de la CEI en prenant pour valeurs d'essai celles qui sont données dans le tableau XII.

b) *Prescriptions*

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

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 IX, page 75.

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 X, page 77.

17.11 *Ozone resistance test for 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 XI, page 79.

b) Requirements

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

17.12 *Hot set test for EPR and XLPE insulation and sheaths of SE₁*

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 XI and in Table XII, pages 79 and 81.

b) Requirements

The test results shall comply with the requirements given in Table XI for EPR and XLPE insulation and in Table XII for SE₁ sheaths.

17.13 *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 XII.

b) Requirements

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

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

a) Mode opératoire

L'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes à l'article 19 de la Publication 540 de la CEI, avec les prescriptions données dans les tableaux IX, X ou XI, pages 74, 76 ou 78 respectivement.

b) Prescriptions

Les résultats des essais doivent satisfaire aux prescriptions données dans les tableaux IX, X ou XI.

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

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

La méthode d'essai et les prescriptions doivent être conformes à la Publication 332-1 de la CEI: Essais des câbles électriques soumis au feu, Première partie: Essai effectuée sur un câble vertical.

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

a) Mode opératoire

L'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes à l'article 18 de la Publication 540 de la CEI.

b) Prescriptions

Les résultats des essais doivent satisfaire aux prescriptions données dans le tableau X.

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

a) Mode opératoire

L'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes à l'article 20 de la Publication 540 de la CEI, dans les conditions spécifiées dans les tableaux X et XI.

b) Prescriptions

Les résultats des essais doivent satisfaire aux prescriptions des tableaux X et XI.

17.18 *Essai spécial de pliage*

Pour les types de câbles du point *b)* du paragraphe 6.2, un essai de pliage spécial doit être effectué.

a) Mode opératoire

L'échantillon est enroulé autour d'un cylindre d'essai (par exemple le tambour d'un touret), à la température ambiante, sur un tour complet au moins. Le diamètre du cylindre doit être égal à $7D$, où D est le diamètre extérieur mesuré de l'échantillon de câble. On déroule ensuite l'échantillon et on répète l'opération, sauf que la courbure de l'échantillon doit être de sens contraire.

Ce cycle d'opérations doit être effectué trois fois. Puis l'échantillon, toujours enroulé autour du cylindre, est placé dans une étuve à air chaud à la température maximale spécifiée pour l'âme du câble pendant 24 h.

17.14 *Water absorption test on insulations*

a) Procedure

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with Clause 19 of IEC Publication 540 employing the conditions specified in Tables IX, X or XI, pages 75, 77 or 79 respectively.

b) Requirements

The results of the test shall comply with the requirements specified in Tables IX, X or XI.

17.15 *Flame retardance test*

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

The method of test and requirements shall be those specified in IEC Publication 332-1: Tests on Electric Cables under Fire Conditions, Part 1: Test on a Single Vertical Insulated Wire or Cable.

17.16 *Measurement of carbon black content of PE sheaths*

a) Procedure

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with Clause 18 of IEC Publication 540.

b) Requirements

The results of the test shall comply with the requirements of Table X.

17.17 *Shrinkage test for PE and XLPE insulation*

a) Procedure

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with Clause 20 of IEC Publication 540 under the conditions specified in Table X and Table XI.

b) Requirements

The results of the test shall comply with the requirements of Tables X and XI.

17.18 *Special bending test*

For the type of cable described in Item *b)* of Sub-clause 6.2, a special bending test shall be made.

a) Procedure

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. The diameter of the cylinder shall be $7D$, where D is the measured external diameter of the cable sample. The cable shall then be unwound and the process shall be repeated except that the bending of the sample shall be in the reverse direction.

This cycle of operations shall be carried out three times. Then the sample, left bent round the cylinder shall be placed in an air oven heated to the maximum rated conductor temperature of the cable for 24 h.

Lorsque le câble a été refroidi, un essai de tension est effectué conformément au paragraphe 14.4, le câble étant toujours enroulé.

b) Prescriptions

Aucun claquage ne doit se produire et la gaine extérieure ne doit pas présenter de craquelures.

17.19 *Essai de la stabilité thermique des enveloppes isolantes en PVC/B*

a) Mode opératoire

L'échantillonnage et le mode opératoire doivent être conformes à l'article 17 de la Publication 540 de la CEI, dans les conditions spécifiées au tableau IX, page 74.

b) Prescriptions

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

18. **Essai diélectrique après pose**

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

Une tension continue égale à 70% de la tension continue prescrite au point *d)* du paragraphe 14.4, doit être appliquée pendant 15 min.

En variante et sur accord entre l'entrepreneur et l'acheteur, un essai en tension alternative à fréquence industrielle conforme aux points *a)* et *b)* ci-dessous peut être effectué.

a) Essai pendant 5 min à la tension assignée du réseau appliquée entre le conducteur et l'écran.

b) Essai pendant 24 h à la tension normale de fonctionnement du réseau.

Note. — Les essais diélectriques sur des installations réparées sont soumis aux règles d'installation. Les essais ci-dessus concernent uniquement les installations neuves.

After the cable has cooled down, the voltage test in accordance with Sub-clause 14.4 shall be carried out while the cable is still bent.

b) Requirements

No breakdown shall occur and the external sheath shall not show any crack.

17.19 *Thermal stability test for insulation of PVC|B*

a) Procedure

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with Clause 17 of IEC Publication 540 under the conditions specified in Table IX, page 75.

b) Requirements

The results of the test shall comply with the requirements of Table IX.

18. **Electrical tests after installation**

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

A d.c. voltage equal to 70% of the d.c. voltage specified in Item *d)* of Sub-clause 14.4 shall be applied for 15 min.

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

a) Test for 5 min with the system voltage applied between the conductor and the screen.

b) Test for 24 h with the normal operating voltage of the system.

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

TABLEAU V

Prescriptions pour les essais électriques de type

0	Propriété fondamentale du mélange	1	2	3	4	5	
		Thermoplastiques			Elastomères, etc.		
		PVC		PE	EPR	XLPE	
A	B						
00	Température assignée maximale du conducteur (°C)	70	70	70**	90	90	
1	<i>Résistivité transversale***</i> (Ω cm)						
1a	— à 20 °C (voir paragraphe 16.2.1.1)	10 ¹³	10 ¹⁴	—	—	—	
1b	— à la température assignée maximale de service**** (voir paragraphe 16.2.1.2)	10 ¹⁰	10 ¹¹	—	10 ¹²	10 ¹²	
2	<i>Constantes d'isolement***</i> K _i (MΩ km)						
2a	— à 20 °C (voir paragraphes 16.1.3 et 16.2.1.1)	36,7	367	—	—	—	
2b	— à la température assignée maximale de service**** (voir paragraphe 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 paragraphe 16.1.5)						
3a	— tg δ maximale à U ₀ (× 10 ⁻⁴)	—	1 000	10	200	40	
3b	— variation maximale de tg δ entre 0,5 U ₀ et 2 U ₀ (× 10 ⁻⁴)	—	65	20	25	20	
4	<i>Pertes diélectriques en fonction de la température à 2 kV</i> (voir paragraphe 16.1.6)						
4a	— tg δ maximale à la température ambiante (× 10 ⁻⁴)	—	1 000	10	200	40	
4b	— tg δ maximale à la température assignée maximale de service**** (× 10 ⁻⁴)	—	1) ¹⁾	10	400	80	
1) Pour le PVC/B, le produit «permittivité × tg δ» ne doit pas dépasser 0,75 dans tout l'intervalle de température compris entre la température ambiante et 85 °C. De plus, la valeur de tg δ à 80 °C ne doit pas excéder la valeur de tg δ à 60 °C.							
5	<i>Essais de décharges partielles</i> (voir paragraphes 16.1.3, 16.1.4c) et 16.1.7b)) Décharges maximales à 1,5 U ₀ (pC)	—	40	20	20	20	

* La signification des désignations est indiquée au paragraphe 1.2.

** 75 °C pour le polyéthylène de masse volumique supérieure à 0,940 g/cm³ à 23 °C.

*** Pour les câbles de tension assignée ne dépassant pas 1,8/3 kV, isolés à l'XLPE, et 3,6/6 kV, isolés à l'EPR ou au PVC/B.

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

TABLE V

Electrical type test requirements

	Basic property of the compound	1	2	3	4	5
		Thermoplastic			Elastomeric, etc.	
0	Designation of the insulating compounds*	PVC		PE	EPR	XLPE
		A	B			
00	Maximum rated conductor temperature (°C)	70	70	70**	90	90
1	<i>Volume resistivity***</i> (Ω cm)					
1a	— at 20 °C (see Sub-clause 16.2.1.1)	10 ¹³	10 ¹⁴	—	—	—
1b	— at maximum rated temperature**** (see Sub-clause 16.2.1.2)	10 ¹⁰	10 ¹¹	—	10 ¹²	10 ¹²
2	<i>Insulation resistance constant***</i> K _i (MΩ km)					
2a	— 20 °C (see Sub-clauses 16.1.3 and 16.2.1.1)	36.7	367	—	—	—
2b	— at maximum rated temperature**** (see Sub-clause 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 16.1.5)					
3a	— maximum tan δ at U ₀ (× 10 ⁻⁴)	—	1 000	10	200	40
3b	— maximum increment of tan δ between 0.5 U ₀ and 2 U ₀ (× 10 ⁻⁴)	—	65	20	25	20
4	<i>Dielectric power factor as a function of the temperature at 2 kV</i> (see Sub-clause 16.1.6)					
4a	— maximum tan δ at ambient temperature (× 10 ⁻⁴)	—	1 000	10	200	40
4b	— maximum tan δ at rated temperature*** (× 10 ⁻⁴)	—	1) ¹⁾	10	400	80
	1) 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.					
5	<i>Partial discharge test</i> (see Sub-clauses 16.1.3, 16.1.4c) and 16.1.7b)) Maximum discharge at 1.5 U ₀ (pC)	—	40	20	20	20

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

** 75 °C for polyethylene of density higher than 0.940 g/cm³ at 23 °C.

*** For cables of rated voltage not exceeding 1.8/3 kV for XLPE insulation and 3.6/6 kV for PVC/B and EPR insulation.

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

TABLEAU VI

Essais de type non électriques

(Voir les tableaux VII à XII)

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Désignation des mélanges (voir tableaux VII et VIII)	Enveloppes isolantes					Gaines non métalliques				
			Thermoplastiques		Elastomères			Thermoplastiques				Elastomères
			PVC		PE	EPR	XLPE	PVC		ST ₃	ST ₄	SE ₁
			A	B				ST ₁	ST ₂			
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
2b	Après vieillissement en étuve à air	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
2c	Après vieillissement dans la bombe à air				x							
2d	Après vieillissement des tronçons de câbles complets	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
2e	Après immersion dans l'huile chaude											x
3	<i>Propriétés thermoplastiques</i>											
3a	Essai de pression à température élevée (pénétration)	x	x					x	x			
3b	Tenue à basse température	x	x					x	x			
4	<i>Divers</i>											
4a	Essai de perte de masse en étuve à air								x			
4b	Essai de chocs thermiques (fissuration)	x	x					x	x			
4c	Indice de fluidité à l'état de neuf				x					x		
4d	Essai de résistance à l'ozone					x						
4e	Essai d'allongement à chaud					x	x					x
4f	Essai de non-propagation de la flamme (s'il est demandé)							x	x			x
4g	Stabilité thermique		x									
4h	Absorption d'eau	x	x	x	x	x						
4j	Essai de rétraction			x			x					
4k	Mesure du taux de noir de carbone									x		

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

TABLE VI
Non-electrical type tests
 (See Tables VII to XII)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Insulations					Non-metallic sheaths				
Designation of compounds (see Tables VII and VIII)		Thermoplastic			Elastomeric		Thermoplastic			Elastomeric	
		PVC		PE	EPR	XLPE	PVC		ST ₃	ST ₄	SE ₁
		A	B				ST ₁	ST ₂			
1	<i>Dimensions</i>										
1a	Measurement of thicknesses	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
2b	After ageing in air oven	x	x	x	x	x	x	x	x		x
2c	After ageing in air bomb				x						
2d	After ageing of pieces of complete cable	x	x	x	x	x	x	x	x		x
2e	After immersion in hot oil										x
3	<i>Thermoplastic properties</i>										
3a	Hot pressure test (indentation)	x	x				x	x			
3b	Behaviour at low temperature	x	x				x	x			
4	<i>Miscellaneous</i>										
4a	Loss of mass test in air oven							x			
4b	Heat shock test (cracking)	x	x				x	x			
4c	Melt flow index without ageing			x					x		
4d	Ozone resistance test				x						
4e	Hot set test				x	x					x
4f	Flame retardance test (if required)						x	x			x
4g	Thermal stability		x								
4h	Water absorption	x	x	x	x	x					
4j	Shrinkage test			x		x					
4k	Carbon black content								x		

Under consideration

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

TABLEAU VII

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

(Avant et après vieillissement)

0	1	2	3	4	5	6	7
	Désignation du mélange isolant (voir paragraphe 1.2)		PVC		EPR	XLPE	PE
		A	B				
	Température assignée maximale de l'âme (voir paragraphe 1.4)	°C	70	70	90	90	70*
1.	<i>Sans vieillissement</i> (Publication 540 de la CEI, article 5)						
1.1	Résistance à la traction, minimale	N/mm ²	12,5	12,5	4,2	12,5	10,0
1.2	Allongement à la rupture, minimal	%	150	125	200	200	300
2.	<i>Après vieillissement en étuve à air</i> (Publication 540 de la CEI, article 6)						
2.0	Traitement { température tolérance durée	°C °C Jours	100 ±2 7	100 ±2 7	135 ±3 7	135 ±3 7	100 ±2 10
2.1	Résistance à la traction: a) valeur minimale après vieillissement b) variation**, maximale	N/mm ² %	12,5 ±25	12,5 ±25	±30	±25	
2.2	Allongement à la rupture: a) valeur minimale après vieillissement b) variation**, maximale	% %	150 ±25	125 ±25	±30	±25	300
3.	<i>Après vieillissement dans la bombe à air à 55 ± 2 N/cm²</i> (Publication 540 de la CEI, article 6)						
3.0	Traitement { température (tolérance ± 1 °C) durée Variation**, de:	°C Heures			127 40		
3.1	Résistance à la traction, maximale	%			±30		
3.2	Allongement à la rupture, maximal	%			±30		

* 75 °C pour le polyéthylène haute densité.

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

TABLE VII

Test requirements for mechanical characteristics of insulating materials

(Before and after ageing)

0	1	2	3	4	5	6	7
	Designation of the insulating compound (see Sub-clause 1.2)		PVC		EPR	XLPE	PE
		A	B				
	Maximum rated conductor temperature (see Sub-clause 1.4)	°C	70	70	90	90	70*
1.	<i>Without ageing</i> (IEC Publication 540, Clause 5)						
1.1	Tensile strength, minimum	N/mm ²	12.5	12.5	4.2	12.5	10.0
1.2	Elongation-at-break, minimum	%	150	125	200	200	300
2.	<i>After ageing in air oven</i> (IEC Publication 540, Clause 6)						
2.0	Treatment { temperature tolerance duration	°C	100	100	135	135	100
		°C	±2	±2	±3	±3	±2
		Days	7	7	7	7	10
2.1	Tensile strength: a) value after ageing, minimum b) variation**, maximum	N/mm ² %	12.5 ±25	12.5 ±25	±30	±25	
2.2	Elongation-at-break: a) value after ageing, minimum b) variation**, maximum	% %	150 ±25	125 ±25	±30	±25	300
3.	<i>After ageing in air bomb</i> at 55 ± 2 N/cm ² (IEC Publication 540, Clause 6)						
3.0	Treatment { temperature (tolerance ± 1 °C) duration Variation**, of the:	°C			127		
		Hours			40		
3.1	Tensile strength, maximum	%			±30		
3.2	Elongation-at-break, maximum	%			±30		

* For high density polyethylene 75 °C.

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

TABLEAU VIII

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 ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₄	SE ₁
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		85
1.	<i>Sans vieillissement</i> (Publication 540 de la CEI, article 5)						
1.1	Résistance à la traction, minimale	N/mm ²	12,5	12,5	10,0		10,0
1.2	Allongement à la rupture, minimal	%	150	150	300		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	100	100	100	↑ A l'étude ↓	100
2.1	Résistance à la traction: a) valeur minimale après le vieillissement	N/mm ²	12,5	12,5			
	b) variation***, maximale	%	± 25	± 25			± 30
2.2	Allongement à la rupture: a) valeur minimale après le vieillissement	%	150	150	300		250
	b) variation***, maximale	%	± 25	± 25			± 40

* La signification des désignations est indiquée au paragraphe 1.5.

ST₃ et ST₄ sont des classes de mélanges pour gaines à base de PE thermoplastique.

SE₁ est une classe de mélanges élastomères pour gaines à base de polychloroprène, polyéthylène chlorosulfoné ou polymères similaires.

** Voir le paragraphe 1.5.

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

TABLE VIII

Under consideration

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 ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₄	SE ₁
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	↑	85
1.	<i>Without ageing</i> (IEC Publication 540, Clause 5)						
1.1	Tensile strength, minimum	N/mm ²	12.5	12.5	10.0		10.0
1.2	Elongation at break, minimum	%	150	150	300		300
2.	<i>After ageing in air oven</i> (IEC Publication 540, Clause 6)						
2.0	Treatment { temperature (tolerance ±2°C) duration	°C	100	100	100		100
		Days	7	7	10		7
2.1	Tensile strength: a) value after ageing, minimum b) variation***, maximum	N/mm ² %	12.5 ±25	12.5 ±25			±30
2.2	Elongation at break: a) value after ageing, minimum b) variation***, maximum	% %	150 ±25	150 ±25	300	↓	250 ±40

* For the meaning of the designations, see Sub-clause 1.5.

ST₃ and ST₄ are classes of sheathing compounds based on thermoplastic polyethylene.SE₁ is a class of elastomeric sheathing compounds based on polychloroprene, chlorosulfonated polyethylene or similar polymers.

** See Sub-clause 1.5.

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

TABLEAU IX

Prescriptions d'essai pour les caractéristiques particulières des mélanges à base de PVC pour enveloppes isolantes et gaines

0	1	2	3	4	5	6
	Classification du mélange		PVC		ST ₁	ST ₂
		A	B			
	Emploi du mélange PVC		Enveloppe		Gaine	
1.		<i>Perte de masse surfacique en étuve à air</i> (Publication 540 de la CEI, article 7)				
1.1	Traitement { température (tolérance ±2°C) durée	°C	—		—	100
1.2	Perte de masse surfacique maximale admise	Jours	—		—	7
		mg/cm ²	—		—	1,5
2.	<i>Essai de pression à température élevée</i> (Publication 540 de la CEI, article 8)					
2.1	Température d'essai (tolérance ±2°C)	°C	80	80	80	80*
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					
	Température d'essai (tolérance ±2°C)	°C	-15	-5	-15	-15
3.2	Elongation à froid sur éprouvettes haltères					
	Température d'essai (tolérance ±2°C)	°C	-15	-5	-15	-15
3.3	Chocs mécaniques à froid					
	Température d'essai (tolérance ±2°C)	°C			-15	-15
4.	<i>Essai de chocs thermiques</i> (Publication 540 de la CEI, article 10)					
4.1	Température d'essai (tolérance ±3°C)	°C	150	150	150	150
4.2	Durée de l'essai	Heures	1	1	1	1
5.	<i>Stabilité thermique</i> (Publication 540 de la CEI, article 17)					
5.1	Température (tolérance ±0,5°C)	°C		200		
5.2	Temps minimal	Min		100		
6.	<i>Absorption d'eau</i> (Publication 540 de la CEI, article 19)					
	Méthode électrique:					
6.1	Température (tolérance ±2°C)	°C	70			
6.2	Durée	Jours	10			
	Méthode pondérale:					
6.3	Température (tolérance ±2°C)	°C		85		
6.4	Durée	Jours		14		
6.5	Variation de masse surfacique maximale admise	mg/cm ²		10		

* Une augmentation de la température est à l'étude.

** Les conditions climatiques particulières peuvent exiger que les normes nationales utilisent une température d'essai plus basse.

TABLE IX

*Test requirements for particular characteristics for PVC
insulating and sheathing compounds*

0	1	2	3	4	5	6
	Designation of the class of compound		PVC		ST ₁	ST ₂
			A	B		
	Use of the PVC compound		Insulation		Sheath	
1.		<i>Loss of mass in air oven</i> (IEC Publication 540, Clause 7)				
1.1	Treatment { temperature (tolerance $\pm 2^\circ\text{C}$) duration	$^\circ\text{C}$ Days	— —	— —	— —	100 7
1.2	Maximum permissible loss of mass	mg/cm ²	—	—	—	1.5
2.	<i>Pressure test at high temperature</i> (IEC Publication 540, Clause 8)					
2.1	Test temperature (tolerance $\pm 2^\circ\text{C}$)	$^\circ\text{C}$	80	80	80	80*
3.	<i>Behaviour at low temperature**</i> (IEC Publication 540, Clause 9)					
3.1	Tests to be carried out without previous ageing: Cold bending test for diameter < 12.5 mm Test temperature (tolerance $\pm 2^\circ\text{C}$)		—15	—5	—15	—15
3.2	Cold elongation test on dumb-bells Test temperature (tolerance $\pm 2^\circ\text{C}$)	$^\circ\text{C}$	—15	—5	—15	—15
3.3	Cold impact test Test temperature (tolerance $\pm 2^\circ\text{C}$)	$^\circ\text{C}$			—15	—15
4.	<i>Heat shock test</i> (IEC Publication 540, Clause 10)					
4.1	Test temperature (tolerance $\pm 3^\circ\text{C}$)	$^\circ\text{C}$	150	150	150	150
4.2	Test duration	Hour	1	1	1	1
5.	<i>Thermal stability</i> (IEC Publication 540, Clause 17)					
5.1	Temperature (tolerance $\pm 0.5^\circ\text{C}$)	$^\circ\text{C}$		200		
5.2	Minimum time	Min		100		
6.	<i>Water absorption</i> (IEC Publication 540, Clause 19)					
	Electrical method:					
6.1	Temperature (tolerance $\pm 2^\circ\text{C}$)	$^\circ\text{C}$	70			
6.2	Test duration	Days	10			
	Gravimetric method:					
6.3	Temperature (tolerance $\pm 2^\circ\text{C}$)	$^\circ\text{C}$		85		
6.4	Duration	Days		14		
6.5	Maximum variation of mass	mg/cm ²		10		

* An increased temperature is under consideration.

** Due to climatic conditions, national standards may require the use of a lower temperature.

TABLEAU X

Prescriptions d'essai pour les caractéristiques particulières des mélanges à base de PE pour enveloppes isolantes et gaines

0	1	2	3	4	5
	Classification du mélange		PE	ST ₃	ST ₄
	Emploi des mélanges PE		Enveloppe	Gaine	
1.	<i>Masse volumique*</i> (Publication 540 de la CEI, article 11)				
2.	<i>Indice de fluidité à chaud</i> (Publication 540 de la CEI, article 12)				
2.1	Sans vieillissement valeur maximale autorisée		0,4	0,4	
3.	<i>Mesure du taux de noir de carbone</i> (Publication 540, de la CEI, article 18)				
3.1	Pourcentage minimal	%		2,0	
4.	<i>Absorption d'eau</i> (Publication 540, de la CEI, article 19) Méthode pondérale:				
4.1	Température (tolérance ±2 °C)	°C	85		
4.2	Durée	Jours	14		
4.3	Variation de masse surfacique maximale admise	mg/cm ²	1		
5.	<i>Essai de rétraction</i> (Publication 540, de la CEI, article 20)				
5.1	Température (tolérance ±2 °C)	°C	100		
5.2	Durée	Heures	1		
5.3	Rétraction maximale admise	%	4		

* La mesure de la masse volumique n'est utile que pour d'autres essais.