

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 702

Première édition — First edition
1981

**Câbles à isolant minéral de tension nominale
ne dépassant pas 750 V**

**Mineral insulated cables with a rated voltage
not exceeding 750 V**



© CEI 1981

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

Révision de la présente publication

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

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

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

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

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

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

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

Revision of this publication

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

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

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

Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

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

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 702

Première édition — First edition
1981

**Câbles à isolant minéral de tension nominale
ne dépassant pas 750 V**

**Mineral insulated cables with a rated voltage
not exceeding 750 V**

Mots clés: câbles à isolant
minéral; 500 V, 750 V;
dimensions; exigences;
essais; propriétés.

Key words: cables with mineral
insulation; 500 V, 750 V;
dimensions; require-
ments; testing; properties.



© CEI 1981

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4

CHAPITRE I: RÈGLES GÉNÉRALES

Articles

1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Généralités sur les essais	6
4. Marquage	6
5. Rigidité diélectrique et résistance d'isolement	8
6. Ames conductrices	10
7. Composition de l'isolant	10
8. Epaisseur de l'isolant	10
9. Epaisseur de la gaine	12
10. Résistance électrique de la gaine	14
11. Propriétés mécaniques du câble complet	14
12. Résistance au feu et non-propagation de la flamme du câble complet	16
13. Revêtement externe facultatif en matière plastique	16
14. Diamètre extérieur et ovalisation	22

CHAPITRE II: RÈGLES PARTICULIÈRES

15. Câble à isolant minéral de tension nominale 500 V (type pour service normal)	24
16. Câble à isolant minéral de tension nominale 750 V (type pour service intensif)	26

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5

CHAPTER I — GENERAL SPECIFICATION

Clause

1. Scope	7
2. Object	7
3. General notes on tests	7
4. Marking	7
5. Electric strength and insulation resistance	9
6. Conductors	11
7. Composition of insulation	11
8. Thickness of insulation	11
9. Thickness of sheath	13
10. Electrical resistance of sheath	15
11. Mechanical properties of completed cable	15
12. Fire-resisting and flame-retardant characteristics of the completed cable	17
13. Optional plastic outer covering	17
14. Overall diameter and ovality	23

CHAPTER II — PARTICULAR SPECIFICATION

15. 500 V mineral insulated cable (light duty grade)	25
16. 750 V mineral insulated cable (heavy duty grade)	27

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CÂBLES À ISOLANT MINÉRAL DE TENSION NOMINALE
NE DÉPASSANT PAS 750 V**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I 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 C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la C E I, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la C E I 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 20B: Câbles de basse tension, du Comité d'Etudes N° 20 de la C E I: Câbles électriques.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Oslo en 1976. A la suite de cette réunion, un projet, document 20B(Bureau Central)72, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1978.

Un second projet fut discuté lors de la réunion tenue à Poiana Brasov en 1978. A la suite de cette réunion, le document 20B(Bureau Central)78, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en avril 1979.

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

Australie
Belgique
Danemark
Egypte
Etats-Unis d'Amérique
Finlande
France
Italie
Japon
Norvège

Pays-Bas
Roumanie
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Tchécoslovaquie
Turquie
Union des Républiques
Socialistes Soviétiques

Autres publications de la C E I citées dans la présente norme:

- Publications n°s 228: Ames des câbles isolés.
331: Caractéristiques des câbles électriques résistant au feu.
332-1: Essais des câbles électriques soumis au feu, Première partie: Essai effectué sur un câble vertical.
502: Câbles de transport d'énergie isolés par diélectriques massifs extrudés pour des tensions assignées de 1 kV à 30 kV.
540: Méthodes d'essais pour les enveloppes isolantes et les gaines des câbles électriques rigides et souples (mélanges élastomères et thermoplastiques).

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MINERAL INSULATED CABLES WITH A RATED VOLTAGE
NOT EXCEEDING 750 V**

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 20B: Low-voltage Cables, of IEC Technical Committee No. 20: Electric Cables.

A first draft was discussed at the meeting held in Oslo in 1976. As a result of this meeting, a draft, Document 20B(Central Office)72, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1978.

A second draft was discussed at the meeting held in Poiana Brasov in 1978. As a result of this meeting, a draft, Document 20B(Central Office)78 was submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in April 1979.

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

Australia	Norway
Belgium	Romania
Czechoslovakia	Sweden
Denmark	Switzerland
Egypt	Turkey
Finland	Union of Soviet
France	Socialist Republics
Italy	United Kingdom
Japan	United States of America
Netherlands	

Other IEC publications quoted in this standard:

Publications Nos.228:	Conductors of Insulated Cables.
331:	Fire-resisting Characteristics of Electric Cables.
332-1:	Test on Electric Cables Under Fire Conditions, Part 1: Test on a Single Vertical Insulated Wire or Cable.
502:	Extruded Solid Dielectric Insulated Power Cables for Rated Voltages from 1 kV up to 30 kV.
540:	Test Methods for Insulations and Sheaths of Electric Cables and Cords (Elastomeric and Thermoplastic Compounds).

CÂBLES À ISOLANT MINÉRAL DE TENSION NOMINALE NE DÉPASSANT PAS 750 V

CHAPITRE I: RÈGLES GÉNÉRALES

1. Domaine d'application

La présente norme s'applique aux câbles à isolant minéral pour usage général, ayant une gaine en cuivre et des âmes conductrices en cuivre, de tensions nominales 500 V et 750 V. Elle précise les dispositions qui s'appliquent au revêtement en matière plastique résistant à la corrosion et recouvrant la gaine en cuivre, lorsqu'elles sont requises. Le revêtement externe n'est pas destiné à assurer l'isolation électrique de la gaine métallique.

2. Objet

L'objet de la présente norme est de déterminer les règles auxquelles doivent répondre les câbles à isolant minéral pour qu'ils soient sûrs et fiables lorsqu'ils sont correctement utilisés, de fixer en conséquence leurs caractéristiques et les prescriptions relatives à leur fabrication, et de préciser les méthodes pour la vérification de la conformité à ces prescriptions.

3. Généralités sur les essais

Les essais mentionnés dans la présente norme sont des essais de type, sauf pour ce qui concerne les essais des paragraphes 5.2 et 5.3. Ces deux essais, ainsi que les essais des articles 6 et 10, sont effectués dans le cadre des essais individuels.

De tels essais individuels sont effectués sur toutes les longueurs de câbles à isolant minéral.

Sauf spécification contraire, les essais sont effectués à une température ambiante de $25 \pm 10^\circ\text{C}$.

Sauf spécification contraire, les essais de tension sont effectués en courant alternatif de 49 Hz à 61 Hz de forme sensiblement sinusoïdale, le rapport de la valeur de crête à la valeur efficace étant de $\sqrt{2}$ avec une tolérance de $\pm 7\%$.

On peut également utiliser des tensions en courant continu dans la mesure où elles ne sont pas inférieures aux valeurs de crête correspondant aux valeurs efficaces appropriées.

4. Marque et indications

Le câble à isolant minéral de tension nominale 750 V pour service intensif doit porter une marque distinctive pour le distinguer du câble de tension nominale 500 V pour service normal.

L'identification du câble de tension nominale 750 V doit être assurée par un marquage à l'encre ou tout autre marquage indélébile sur la gaine en cuivre, de la tension ou d'une bande continue.

MINERAL INSULATED CABLES WITH A RATED VOLTAGE NOT EXCEEDING 750 V

CHAPTER I: GENERAL SPECIFICATION

1. Scope

This standard applies to mineral insulated general wiring cables with copper sheath and copper conductors and with rated voltages of 500 V and 750 V. Provision is made for a corrosion resistant plastic outer covering over the copper sheath, when required. This outer covering is not specified for the purpose of electrical insulation of the metal sheath.

2. Object

The object of this standard is to specify mineral insulated cables that are safe and reliable when properly used, to state the manufacturing requirements and characteristics to achieve this, and to specify methods for checking conformity with these requirements.

3. General notes on tests

Tests according to this standard are type tests, with the exception of the tests of Sub-clauses 5.2 and 5.3. These latter two, together with the tests described in Clauses 6 and 10, shall be carried out for routine testing.

Such routine tests shall be carried out on all lengths of mineral insulated cable.

Unless otherwise specified, tests shall be made at an ambient temperature of 25 ± 10 °C.

Unless otherwise specified, the test voltages shall be a.c. 49 Hz to 61 Hz of approximately sine-wave form, the ratio peak value/r.m.s. being equal to $\sqrt{2}$ with a tolerance of $\pm 7\%$.

The values quoted are r.m.s. values. Alternatively, d.c. may be used providing that the voltages shall be not less than the peak values corresponding to the appropriate r.m.s. values.

4. Marking

The 750 V heavy duty grade of mineral insulated cable shall be provided with some means of distinguishing it from the 500 V, light duty grade.

Identification of the 750 V grade shall be achieved by ink or other permanent marking of the copper sheath with either the voltage designation or a continuous stripe.

Le câble de tension nominale 750 V pourvu d'une gaine externe en matière plastique résistant à la corrosion doit être marqué de façon similaire, soit par un marquage à l'encre, soit par un marquage en relief. Le marquage de la tension est considéré comme continu si l'intervalle compris entre la fin d'une marque quelconque et le début de la suivante n'excède pas 500 mm.

Note. — Dans certains pays, le marquage par bande continue n'est pas autorisé.

5. Rigidité diélectrique et résistance d'isolement

Les câbles à isolant minéral doivent avoir une rigidité diélectrique et une résistance d'isolement appropriées.

La conformité est vérifiée par :

- a) L'essai de tension du paragraphe 5.1;
- b) l'essai individuel de tension du paragraphe 5.2;
- c) l'essai individuel de vérification de la résistance d'isolement du paragraphe 5.3, qui est effectué avant l'essai du paragraphe 5.2.

5.1 Essai de rigidité diélectrique sur le câble complet

On dénude les âmes conductrices aux extrémités d'un échantillon de câble complet à isolant minéral, d'une longueur d'au moins 5 m, et on obture provisoirement les extrémités du câble.

Une tension d'essai égale à :

2 000 V dans les cas des câbles de tension nominale 500 V, 2 500 V dans les cas des câbles de tension nominale 750 V, est alors appliquée, pendant une durée de 15 min chaque fois, entre :

- a) chaque âme et toutes les autres connectées ensemble;
- b) toutes les âmes et la gaine en cuivre.

Aucun amorçage ne doit se produire pendant l'essai.

5.2 Essai individuel de rigidité diélectrique, effectué en usine

Préalablement à l'application d'un quelconque revêtement externe en matière plastique, on dénude les âmes conductrices aux extrémités de chaque couronne de câble complet et on obture provisoirement les extrémités du câble.

Une tension d'essai égale à :

- 1 500 V dans le cas des câbles de tension nominale 500 V,
- 2 500 V dans le cas des câbles de tension nominale 750 V

est alors appliquée, pendant une durée de 5 min chaque fois, entre :

- a) chaque âme et toutes les autres connectées ensemble,
- b) toutes les âmes et la gaine en cuivre.

A la demande de l'acheteur les mêmes niveaux de tension d'essai doivent être appliqués aux câbles munis d'un revêtement en matière plastique.

Aucun amorçage ne doit se produire pendant l'essai.

The 750 V grade cable with a corrosion resistant plastic outer covering shall be similarly marked either by ink marking or by embossing. The voltage marking is deemed to be continuous if the distance between the end of any marking and the beginning of the next one does not exceed 500 mm.

Note. — In some countries the continuous stripe is not permitted.

5. Electric strength and insulation resistance

The electric strength and insulation resistance of mineral insulated cables shall be adequate.

Compliance shall be checked by:

- a) the voltage test of Sub-clause 5.1;
- b) the routine voltage test of Sub-clause 5.2;
- c) the routine insulation resistance test of Sub-clause 5.3, which shall be carried out before the test of Sub-clause 5.2.

5.1 Electric strength test on completed cable

A sample of completed mineral insulated cable, at least 5 m long, shall be stripped to expose the conductors and temporarily sealed at each end.

For 500 V grade cables a voltage of 2 000 V and for 750 V grade cables a voltage of 2 500 V shall then be applied, for 15 min in each case, between

- a) each conductor in turn and all others connected together;
- b) all conductors and the copper sheath.

No breakdown shall occur during the test.

5.2 Routine electric strength test at manufacturer's works

Each complete coil of completed cable, prior to the application of any plastic outer covering, shall be stripped to expose the conductors and temporarily sealed at each end.

A voltage of:

- 1 500 V for 500 V grade cables, and
- 2 500 V for 750 V grade cables

shall then be applied for 5 min each time, between:

- a) each conductor in turn and all others connected together,
- b) all conductors and the copper sheath.

When required by the purchaser, the same levels of test voltage shall be applied to cables with a plastic outer covering.

No breakdown shall occur during the test.

5.3 Essai individuel de vérification de la résistance d'isolement effectué en usine

On immerge totalement chaque couronne complète de câble en l'état de livraison, pendant au moins 1 h, dans l'eau à une température comprise entre 10 °C et 25 °C. On dénude alors les âmes conductrices aux extrémités du câble.

Une tension continue d'une valeur au moins égale à 80 V et au plus égale à 500 V est alors appliquée entre les âmes conductrices et la gaine. On mesure la résistance d'isolement 1 min après l'application de la tension et le produit de cette résistance, exprimé en mégohms, par la longueur du câble, exprimée en kilomètres, ne doit pas dépasser 1 000 MΩ · km.

L'essai doit être effectué 8 h au plus après que le câble a été retiré de l'eau et avant l'application d'un quelconque revêtement en matière plastique.

6. Ames conductrices

Les âmes conductrices doivent être en cuivre recuit nu et doivent avoir une section approximativement circulaire. Elles doivent être conformes aux prescriptions données dans la Publication 228 de la C E I: Ames des câbles isolés, pour les âmes de la classe 1.

La vérification est effectuée par examen et en mesurant la résistance de chaque couronne complète de câble en l'état de livraison et la longueur du câble.

Si nécessaire, une correction à 20 °C et à une longueur de 1 km est obtenue par la formule:

$$R_{20} = R_t \cdot \frac{254,5}{234,5 + t} \cdot \frac{1\,000}{L}$$

dans laquelle:

t est la température de l'échantillon au moment de la mesure, en degrés Celsius

R_{20} est la résistance à 20 °C, en ohms par kilomètre

L est la longueur de l'échantillon, en mètres

R_t est la résistance de L m de câbles à t °C, en ohms

Cette mesure de la résistance sert également de vérification de la continuité des âmes.

7. Composition de l'isolant

L'isolant est constitué par une poudre d'un ou de plusieurs minéraux, comprimée pour former un corps compact. Les caractéristiques électriques de l'isolant doivent être telles que le câble terminé doit satisfaire aux essais prescrits par la présente norme.

8. Epaisseur de l'isolant

L'épaisseur nominale de l'isolant entre les âmes conductrices et entre chaque âme et la gaine doit être conforme aux valeurs des tableaux du chapitre II.

La vérification est effectuée par l'essai suivant et par l'essai individuel de tension décrit au paragraphe 5.2.

5.3 Routine insulation resistance test at manufacturer's works

Each complete coil of completed cable shall be totally immersed for at least 1 h in water at a temperature of 10 °C to 25 °C. The cable ends shall then be stripped to expose the conductors.

A d.c. voltage of not less than 80 V and not more than 500 V shall then be applied between the conductors and the sheath. The insulation resistance shall be measured 1 min after application of the voltage and the product of this resistance expressed in megohms and the cable length expressed in kilometres shall be not less than 1 000 MΩ · km.

This test shall be carried out within 8 h of removing the cable from the water and before any plastic outer covering is applied.

6. Conductors

Conductors shall consist of annealed plain copper and shall be of approximately circular cross-section. They shall comply with the requirements given in IEC Publication 228: Conductors of Insulated Cables, for Class 1 conductors.

Compliance shall be checked by inspection and measuring the resistance of each conductor of each complete coil of completed cable and measuring the length of the cable.

If necessary, correction to 20 °C and to a length of 1 km shall be made by applying the formula:

$$R_{20} = R_t \cdot \frac{254.5}{234.5 + t} \cdot \frac{1\,000}{L}$$

in which:

t is the temperature of the cable at the time of measurement, in degrees Celsius

R_{20} is the resistance at 20 °C, in ohms per kilometre

L is the length of the cable, in metres

R_t is the resistance of L m of cable at t °C, in ohms

This resistance measurement also serves as a check of the continuity of the conductors.

7. Composition of insulation

The insulation shall consist of compressed powdered mineral or minerals which shall form a compact body. The electrical properties of the insulation shall be such that the completed cable shall meet the test requirements of this standard.

8. Thickness of insulation

The nominal thickness of insulation between conductors and between each conductor and the sheath shall be as given in Chapter II.

Compliance shall be checked by carrying out the following test and by the routine voltage test described in Sub-clause 5.2.

8.1 *Echantillonnage et préparation*

On prélève un échantillon sur l'une des extrémités du câble après avoir, si nécessaire, enlevé la partie d'extrémité endommagée. Si l'épaisseur moyenne et l'épaisseur minimale (où, dans les cas des câbles multiconducteurs, l'épaisseur minimale seulement) ne sont pas conformes aux valeurs prescrites pour le câble considéré, le câble est refusé. Si l'une des deux valeurs seulement n'est pas conforme, l'essai doit être répété sur un deuxième échantillon prélevé à l'autre extrémité du câble et, dans ce cas, si l'épaisseur minimale et l'épaisseur moyenne sont conformes aux valeurs prescrites, le câble est accepté.

L'une des deux extrémités de chaque échantillon prélevé est sectionnée avec précision de façon que la section soit perpendiculaire à l'axe du câble.

8.2 *Mesure*

Les mesures sont effectuées au moyen d'un microscope de mesure ou d'un projecteur de profil avec, dans les deux cas, un grossissement au moins égal à 10. En cas de contestation, les mesures sont effectuées au microscope conformément à la méthode de référence.

8.2.1 *Câbles monoconducteurs*

Une première mesure de l'épaisseur radiale est effectuée au point où l'isolant semble être le plus mince; cinq autres mesures sont ensuite effectuées, décalées approximativement de 60° les unes par rapport aux autres. L'épaisseur moyenne de l'isolant est la valeur moyenne des six mesures.

8.2.2 *Câbles multiconducteurs*

On mesure la distance entre chaque couple d'âmes conductrices voisines, ainsi que celles séparant chaque âme de la gaine de cuivre.

L'épaisseur minimale de l'isolant est la plus petite valeur de ces distances.

8.3 *Evaluation des résultats*

Pour les câbles monoconducteurs, l'épaisseur moyenne ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale spécifiée dans le tableau correspondant du câble considéré. Pour les câbles multiconducteurs et les câbles monoconducteurs, l'épaisseur minimale ne doit pas être inférieure à 90% de l'épaisseur nominale, moins 0,1 mm.

9. **Epaisseur de la gaine**

La valeur moyenne de l'épaisseur de la gaine de cuivre ne doit pas être inférieure à la valeur moyenne spécifiée. L'épaisseur en un point peut toutefois être inférieure à la valeur moyenne spécifiée, pourvu que la différence en moins ne dépasse pas 10% de la valeur moyenne spécifiée.

La vérification est effectuée par l'essai suivant:

On découpe soigneusement suivant la circonférence de la gaine en cuivre, une bande de métal que l'on aplatit. Cet échantillon ne doit pas être prélevé à plus de 150 mm de l'extrémité de la bobine.

A l'aide d'un palmer muni d'une touche plate pour la face externe de la gaine et d'une touche sphérique pour la face interne, on effectue six mesures, autant que possible également espacées autour de la circonférence.

8.1 *Sampling and preparation*

One sample shall be taken from one end after discarding, if necessary, the damaged end portion. If both the mean and the minimum thickness (or in the case of multi-conductor cables only the minimum thickness) do not comply with the relevant value, the cable length shall be rejected. If only one of the two values is unsatisfactory, the test shall be repeated on another sample taken from the other end of the cable, in which case, if both the minimum and the mean thickness comply, the cable length shall be accepted.

One of the two ends of each sample taken shall be accurately cut in such a way that the cross-section is at right angles to the cable axis.

8.2 *Measurement*

The measurements shall be carried out by means of a microscope or of a profile enlarger, in both cases a magnification of at least 10 times shall be obtained. In case of dispute, the measurements carried out with a microscope shall be the reference method.

8.2.1 *Single-core cables*

The radial thickness shall be measured first at the point where the insulation appears to be thinnest; then a further five radial measurements shall be carried out at approximately 60° intervals. The mean of the six values shall be taken as the mean thickness of the insulation.

8.2.2 *Multicore cables*

The minimum distances between each pair of adjacent conductors, as well as between each conductor and the copper sheath shall be measured.

The smallest of the said distances shall be taken as minimum thickness of the insulation for multicore cables.

8.3 *Evaluation of the results*

In single-core cables the mean thickness shall be not lower than the nominal thickness specified in the relevant table. Both in single-core and multicore cables the minimum thickness shall be not lower than 90% of the nominal thickness minus 0.1 mm.

9. **Thickness of sheath**

The mean value of the thickness of the copper sheath shall be not less than the specified mean value. The thickness at any place may, however, be less than the specified mean value, provided that the difference does not exceed 10% of the specified mean value.

Compliance shall be checked by the following test:

The measurement shall be made on an opened out circumferential strip of the copper sheath carefully cut from the cable. This sample shall be taken not more than 150 mm from the end of the coil.

Six measurements shall be made, as far as possible equally spaced along the strip, with a micrometer having a flat nose for the outside of the sheath and a ball nose for the inside of the sheath.

La moyenne de toutes les valeurs obtenues est calculée à la troisième décimale et arrondie comme indiqué ci-dessous; cette moyenne est considérée comme étant la valeur moyenne de l'épaisseur de la gaine.

Si le calcul donne pour la troisième décimale le chiffre 5 ou plus, la deuxième décimale est augmentée au chiffre supérieur; ainsi par exemple, 0,573 est arrondi à 0,57 et 0,575 est arrondi à 0,58.

La plus petite de toutes les valeurs obtenues est considérée comme étant l'épaisseur minimale de la gaine en un point.

10. Résistance électrique de la gaine

La résistance électrique à 20 °C de la gaine en cuivre des câbles ne doit pas être supérieure à la valeur spécifiée.

La vérification est effectuée en mesurant la résistance de la gaine sur un échantillon de câble d'au moins 1 m de long et la longueur de cet échantillon.

11. Propriétés mécaniques du câble complet

11.1 Essai de pliage

Un échantillon de câble de 1 m de long environ, est prélevé sur la couronne du câble à essayer et, après avoir enlevé la gaine externe en matière plastique lorsqu'elle existe, on le plie à 180° sur un mandrin ayant un diamètre au moins égal à dix fois et au plus égal à 12 fois le diamètre du câble sur la gaine en cuivre *. On le redresse et on le plie à nouveau à 180° dans le sens opposé sur le même mandrin, puis on le redresse.

Ce cycle d'opérations est effectué deux fois.

La gaine du câble ne doit présenter ni fente, ni craquelure, ni fissure quand elle est examinée à l'œil nu, normal ou corrigé, mais sans appareil grossisseur.

Les extrémités de l'échantillon plié sont ensuite convenablement obturées et l'échantillon est immergé dans l'eau pendant au moins 1 h, ses deux extrémités étant maintenues hors de l'eau.

On applique alors une tension de 750 V pour les câbles de tension nominale 500 V, et de 1 250 V pour les câbles de tension nominale 750 V, pendant une durée de 15 min chaque fois, entre les âmes conductrices puis entre les âmes conductrices et la gaine.

Aucun amorçage ne doit se produire pendant l'essai.

11.2 Essai d'aplanissement

Un échantillon du câble de 1 m de long environ est prélevé sur la couronne du câble à essayer et, après avoir enlevé la gaine externe en matière plastique lorsqu'elle existe, on l'aplatit entre deux enclumes jusqu'à ce que l'épaisseur de la partie aplatie soit égale aux deux tiers du diamètre du câble sur la gaine en cuivre. Chacune des enclumes utilisées doit avoir une surface plane d'au moins 75 mm × 25 mm, leurs plus grandes dimensions étant parallèles à l'axe de l'échantillon au cours de l'essai. Les arêtes des enclumes doivent être arrondies selon un rayon au moins égal à 10 mm.

* On doit prendre soin pendant l'installation de s'assurer que le câble n'est pas plié à un diamètre plus faible que celui de cette valeur d'essai.

The average of all values obtained shall be calculated to three decimal places and rounded off as below, and this shall be taken as the mean value of the thickness of the sheath.

If, in the calculation, the third decimal figure is 5 or more, the second decimal figure shall be raised to the next number; thus for example, 0.573 shall be rounded off to 0.57 and 0.575 to 0.58.

The lowest of all values shall be considered to be the minimum thickness of the sheath at any place.

10. Electrical resistance of sheath

The resistance at 20 °C of the copper sheath of each cable shall not exceed the appropriate specified value.

Compliance shall be checked by measuring the resistance of the sheath on a sample of cable at least 1 m long, and by measuring the length of this sample.

11. Mechanical properties of completed cable

11.1 *Bending test*

A sample of about 1 m in length shall be taken from the coil of cable to be tested and after the removal of any plastic outer covering bent through 180° round a mandrel having a diameter not less than ten times and not more than 12 times the cable diameter over the copper sheath *. It shall be straightened and bent through 180° in the opposite direction round the same mandrel and then straightened.

This cycle of operations shall be carried out twice.

The cable sheath shall show no split, crack or flaw when examined with normal or corrected vision without magnification.

The bent sample shall then be suitably sealed and immersed in water, with the ends out of the water, for not less than 1 h.

For 500 V grade cables a voltage of 750 V and for 750 V grade cables a voltage of 1 250 V shall then be applied, for 15 min in each case, between conductors and between conductors and sheath.

No breakdown shall occur during the test.

11.2 *Flattening test*

A sample of about 1 m in length shall be taken from the coil of cable to be tested and after removal of any plastic outer covering, flattened between anvils until the thickness of the flattened portions is two-thirds of the cable diameter over the copper sheath. Each of the anvils used shall have a flat surface not less than 75 mm × 25 mm and the larger dimension shall be parallel to the axis of the sample during the test. The edges of the anvils shall be rounded to a radius of not less than 10 mm.

* Care should be taken during installation to ensure that the cable is not bent to any smaller diameter than this test value.

La gaine du câble ne doit présenter ni fente, ni craquelure, ni fissure quand elle est examinée à l'œil nu, normal ou corrigé, mais sans appareil grossisseur.

Les extrémités de l'échantillon aplati sont ensuite convenablement obturées et l'échantillon immergé dans l'eau, pendant au moins 1 h, plié si nécessaire, ses deux extrémités étant maintenues hors de l'eau.

On applique une tension de 750 V pour les câbles de tension nominale 500 V, et de 1 250 V pour les câbles de tension nominale 750 V, pendant une durée de 15 min chaque fois, entre les âmes conductrices et la gaine.

Aucun amorçage ne doit se produire pendant l'essai.

12. Résistance au feu et non-propagation de la flamme du câble complet

12.1 Résistance au feu

Les câbles complets doivent satisfaire aux prescriptions de la Publication 331 de la C E I: Caractéristiques des câbles électriques résistant au feu.

12.2 Non-propagation de la flamme

Les câbles complets revêtus d'une gaine externe en polychlorure de vinyle (p.c.v.) doivent satisfaire aux prescriptions de la Publication 332-1 de la C E I: Essais des câbles électriques soumis au feu, Première partie: Essai effectué sur un câble vertical.

Note. — En général, les câbles revêtus d'une gaine externe en polyamide ne satisfont pas à ces prescriptions. Ils ne doivent pas être utilisés dans des endroits présentant des risques à cet égard.

13. Revêtement externe facultatif en matière plastique

Lorsqu'un environnement corrosif l'exige, on peut appliquer sur le câble un revêtement supplémentaire facultatif en matière plastique telle que le polychlorure de vinyle (p.c.v.) ou le polyamide. Ce revêtement externe en matière plastique peut être de n'importe quelle couleur, à l'exception de la couleur rouge. Il doit avoir une résistance mécanique appropriée et conserver ses caractéristiques, et ces propriétés doivent rester suffisamment stables en service normal.

La vérification est effectuée par :

- la mesure de l'épaisseur du revêtement externe en matière plastique comme spécifié au paragraphe 13.1;
- un essai diélectrique au défilement à sec comme spécifié au paragraphe 13.2;
- les essais prescrits au paragraphe 13.3 pour les revêtements externes en p.c.v. et au paragraphe 13.4 pour les revêtements externes en polyamide.

13.1 Mesure de l'épaisseur du revêtement externe en matière plastique

La valeur moyenne de l'épaisseur du revêtement en matière plastique ne doit pas être inférieure à la valeur moyenne spécifiée dans le tableau ci-dessous. L'épaisseur en un point peut toutefois être inférieure à la valeur moyenne spécifiée, pourvu que la différence en moins ne dépasse pas 0,1 mm + 15% de la valeur spécifiée pour le p.c.v., et 0,1 mm seulement pour le polyamide.

The cable sheath shall show no split, crack or flaw when examined with normal or corrected vision without magnification.

The flattened sample shall then be suitably sealed and immersed in water, bent if necessary, with the ends out of the water, for not less than 1 h.

For 500 V grade cables a voltage of 750 V and for 750 V grade cables a voltage of 1 250 V shall be applied for 15 min in each case, between conductors and sheath.

No breakdown shall occur during the test.

12. Fire-resisting and flame-retardant characteristics of the completed cable

12.1 Fire resistance

Completed cables shall comply with the requirements of I E C Publication 331: Fire-resisting Characteristics of Electric Cables.

12.2 Flame retardance

Completed cables with an outer covering of polyvinyl chloride (p.v.c.) shall comply with the test of I E C Publication 332-1: Tests on Electric Cables Under Fire Conditions, Part 1: Test on a Single Vertical Insulated Wire or Cable.

Note. — Cables with an outer covering of polyamide will in general not comply with this test. These cables shall not be used in hazardous locations.

13. Optional plastic outer covering

Where deemed necessary because of corrosive environments, a plastic outer covering, such as polyvinyl chloride (p.v.c.) or polyamide, may be applied as an optional extra. This plastic outer covering may be of any colour, with the exception of red. Such outer covering shall have adequate mechanical strength and integrity, and these properties shall not alter unduly in normal use.

Compliance shall be checked by:

- the measurement of the thickness of the plastic outer covering as specified in Sub-clause 13.1;
- the spark test as specified in Sub-clause 13.2;
- the tests for p.v.c. outer covering as specified in Sub-clause 13.3 and for polyamide outer covering as specified in Sub-clause 13.4.

13.1 Measurement of thickness of the plastic outer covering

The mean value of the thickness of the plastic outer covering shall be not less than the mean value given in the following table. The thickness at any place may, however, be less than the specified mean value, provided that the difference does not exceed 0.1 mm + 15% of the specified mean value for p.v.c. and 0.1 mm only for polyamide.

Diamètre sur gaine en cuivre (mm)		Epaisseur du revêtement en p.c.v. Valeur spécifiée (mm)	Epaisseur du revêtement en polyamide Valeur spécifiée (mm)
Au-dessus de	Jusqu'à et y compris		
—	7	0,8	0,4
7	15	1,0	0,5
15	20	1,2	0,6
20	—	1,4	0,7

La vérification est effectuée par l'essai suivant:

Un échantillon de revêtement en matière plastique d'une longueur au moins égale à 300 mm, est prélevé à une distance au moins égale à 300 mm de l'extrémité de la couronne du câble.

L'épaisseur du revêtement est mesurée sur trois sections droites distantes d'au moins 100 mm, conformément aux dispositions du paragraphe 4.2 de la Publication 540 de la C E I: Méthodes d'essais pour les enveloppes isolantes et les gaines des câbles électriques rigides et souples (mélanges élastomères et thermoplastiques).

La moyenne des 18 mesures ainsi obtenues est calculée à la deuxième décimale et arrondie comme indiqué ci-dessous, et cette valeur est considérée comme étant la valeur moyenne de l'épaisseur du revêtement externe en matière plastique.

Si le calcul ci-dessus donne pour la deuxième décimale 5 ou plus, la première décimale est augmentée au chiffre supérieur; ainsi par exemple 1,73 est arrondi à 1,7 et 1,75 à 1,8.

La plus petite de toutes les valeurs obtenues est considérée comme étant l'épaisseur minimale du revêtement externe en matière plastique.

13.2 Essai diélectrique au défilement à sec

La vérification du maintien des caractéristiques du revêtement externe en matière plastique est effectuée par l'essai diélectrique au défilement à sec décrit ci-après:

Une électrode, constituée de préférence par une tresse métallique à mailles fines, est étroitement appliquée sur le revêtement externe en matière plastique du câble.

La vitesse à laquelle le câble coulisce dans l'électrode doit être telle que chaque point du revêtement reste en contact avec l'électrode pendant 0,1 s au moins.

On applique à l'électrode une tension d'essai en courant alternatif de la valeur spécifiée dans le tableau suivant, la gaine en cuivre du câble étant reliée à la terre.

Diamètre sur gaine en cuivre (mm)		Tension d'essai valeur efficace (kV)
Au-dessus de	Jusqu'à et y compris	
—	7	6
7	15	8
15	—	10

Diameter over copper sheath (mm)		Thickness of p.v.c. covering Specified value (mm)	Thickness of polyamide covering Specified value (mm)
Above	Up to and including		
—	7	0.8	0.4
7	15	1.0	0.5
15	20	1.2	0.6
20	—	1.4	0.7

Compliance shall be checked by the following test:

A sample of the plastic covering at least 300 mm in length shall be taken not less than 300 mm from the end of a coil of cable.

The thickness of the covering shall be measured at three cross-sections, not less than 100 mm apart, in accordance with Sub-clause 4.2 of I E C Publication 540: Test Methods for Insulations and Sheaths of Electric Cables and Cords (Elastomeric and Thermoplastic Compounds).

The average of all 18 measurements shall be calculated to two decimal places and rounded off as below, and this shall be taken as the mean value of the thickness of the plastic outer covering.

If in the calculation the second decimal figure is 5 or more, the first decimal figure shall be raised to the next number; thus, for example, 1.73 is rounded off to 1.7 and 1.75 to 1.8.

The lowest of all values obtained shall be taken as the minimum thickness of the plastic outer covering.

13.2 Spark test

The integrity of the plastic outer covering shall be verified by compliance with the following spark test.

An electrode, consisting preferably of fine link mesh, shall make intimate contact with the plastic covered surface of the cable.

The speed at which the cable passes through the electrode shall be such that every point is in contact with the electrode for not less than 0.1 s.

The test voltage supply to the electrode shall be a.c. and of a value given in the following table, the copper sheath of the cable being earthed:

Diameter over copper sheath (mm)		Test voltage r.m.s. (kV)
Above	Up to and including	
—	7	6
7	15	8
15	—	10

Un détecteur de défauts est monté de façon que l'enregistrement du défaut persiste après que la partie défectueuse du revêtement a dépassé l'électrode.

La sensibilité minimale de l'appareil d'essai doit être telle que le détecteur puisse enregistrer lorsqu'un dispositif simulateur de défauts, composé d'un éclateur monté en série avec un condensateur, est connecté dans les conditions suivantes entre l'électrode et la terre. La tension d'alimentation de l'électrode est de 6 kV de valeur efficace et la capacité du condensateur de 350 pF.

L'éclateur est composé d'une plaque de métal défilant en 0,02 s devant une pointe distante de 5,0 mm.

Le câble sous revêtement en matière plastique ne doit présenter aucun défaut lorsqu'il est essayé avec cet appareil.

13.3 *Revêtement externe en p.c.v.*

Le revêtement externe en p.c.v. doit satisfaire aux prescriptions relatives au mélange ST₁ pour gaines en p.c.v., de la Publication 502 de la C E I: Câbles de transport d'énergie isolés par diélectriques massifs extrudés pour des tensions assignées de 1 kV à 30 kV, dans laquelle il est fait référence aux méthodes d'essais appropriées de la Publication 540 de la C E I, sauf pour ce qui concerne (étant donné la présence de la gaine rigide en cuivre) les exemptions spécifiées dans les paragraphes 13.3.1 et 13.3.2 qui s'appliquent.

13.3.1 *Comportement à basse température*

Chaque fois que cela est possible, l'essai d'allongement à basse température est effectué conformément au paragraphe 9.4 de la Publication 540 de la C E I.

Dans le cas des câbles présentant un diamètre sur gaine p.c.v. trop faible pour permettre la préparation des éprouvettes, l'essai est effectué conformément au paragraphe 9.2 de la Publication 540 de la C E I, en utilisant un mandrin d'un diamètre égal à dix fois le diamètre extérieur du câble.

13.3.2 *Essai de choc thermique*

Chaque fois que cela est possible, l'essai aux chocs thermiques est effectué conformément au point *b)* du paragraphe 10.2.2 de la Publication 540 de la C E I.

Dans le cas des câbles présentant un diamètre sur gaine p.c.v. trop faible pour permettre la préparation des éprouvettes, l'essai est effectué conformément au point *a)* du paragraphe 10.2.2 de la Publication 540 de la C E I, en utilisant un mandrin d'un diamètre égal à dix fois le diamètre extérieur du câble.

13.4 *Revêtement externe en polyamide*

La vérification du revêtement externe en polyamide est effectuée par les essais suivants des paragraphes 13.4.1, 13.4.2 et 13.4.3.

13.4.1 *Vérification du type du polymère*

On effectue une spectrographie infrarouge sur un échantillon du revêtement en polyamide extrudé. La spectrographie doit montrer les fréquences caractéristiques des groupes amides secondaires.

A fault detector shall be so arranged as to maintain its indication even after a fault has passed out of the electrode.

The minimum sensitivity of the spark testing apparatus shall be such that the detector will operate when an artificial fault device, consisting of a spark gap in series with a capacitor, is connected between the electrode and earth. The electrode voltage shall be 6 kV r.m.s. and the capacitance of the capacitor shall be 350 pF.

The spark gap shall consist of a metal plate moving past a needle point in 0.02 s and the distance between them during this time shall be 5.0 mm.

The plastic covered cable shall exhibit no fault when tested with this apparatus.

13.3 *P.V.C. outer covering*

The p.v.c. outer covering shall comply with the requirements of p.v.c. sheathing compound ST₁ of IEC Publication 502: Extruded Solid Dielectric Insulated Power Cables for Rated Voltages from 1 kV up to 30 kV, in which the appropriate test methods of IEC Publication 540 are referred to, except that (owing to the rigid copper sheath) the exemptions apply as specified in Sub-clauses 13.3.1 and 13.3.2.

13.3.1 *Behaviour at low temperature*

Whenever possible the elongation test at low temperature shall be carried out according to Sub-clause 9.4 of IEC Publication 540.

If it is not possible to prepare test strips in the case of cables having a very small outer diameter over the p.v.c. covering, the test shall be carried out according to Sub-clause 9.2 of IEC Publication 540, using a mandrel having a diameter ten times the outer diameter of the cable.

13.3.2 *Heat shock test*

Whenever possible, the heat shock test shall be carried out according to Item *b*) of Sub-clause 10.2.2 of IEC Publication 540.

If it is not possible to prepare test strips in the case of cables having a very small outer diameter over the p.v.c. covering, the test shall be carried out according to Item *a*) of Sub-clause 10.2.2 of IEC Publication 540, using a mandrel having a diameter ten times the outer diameter of the cable.

13.4 *Polyamide outer covering*

The polyamide outer covering shall be checked by the following tests specified in Sub-clauses 13.4.1, 13.4.2 and 13.4.3.

13.4.1 *Check on the type of polymer*

An infra-red spectrum shall be made of a sample of the extruded polyamide covering. This spectrum shall show the characteristic pattern of the secondary amide groups.

13.4.2 *Point de fusion*

On examine un échantillon du revêtement et on détermine son point de fusion selon l'une des méthodes convenables. Il doit être au moins égal à 215 °C.

En cas de contestation, on utilise un calorimètre différentiel à balayage (DSC).

13.4.3 *Essais de vieillissement thermique*

Trois échantillons du câble sous revêtement en polyamide sont placés dans une étuve à une température de 100 ± 2 °C pendant 72 h. Les échantillons sont ensuite retirés du four et conditionnés dans une atmosphère maintenue à une humidité relative de 65% à une température de 20 ± 5 °C, pendant 24 h.

Les échantillons sont ensuite enroulés à spires jointives sur un mandrin de diamètre égal à dix fois le diamètre extérieur des échantillons, le nombre des spires effectué étant égal à cinq.

Après l'essai, le revêtement ne doit présenter aucune craquelure visible à l'œil nu, normal ou corrigé, mais sans appareil grossisseur.

14. **Diamètre extérieur et ovalisation**

14.1 *Diamètre extérieur moyen*

Le diamètre extérieur moyen du câble complet (à l'exclusion du revêtement externe en matière plastique) doit être conforme à la valeur spécifiée.

La vérification est effectuée par des mesures sur des échantillons de câble complet, les mesures étant effectuées en trois endroits distants d'au moins 1 m. En chaque endroit, on mesure les diamètres dans deux directions perpendiculaires entre elles, au moyen d'un palmer ou d'un appareil analogue.

La moyenne des six valeurs obtenues est considérée comme étant le diamètre extérieur moyen.

Il doit être égal à $\pm 0,05$ mm près à la valeur spécifiée.

14.2 *Ovalisation de la section*

La différence entre deux valeurs quelconques du diamètre extérieur d'un câble à isolant minéral sans revêtement externe en matière plastique mesurées dans la même section droite, ne doit pas dépasser 0,05 mm.

La différence entre deux valeurs quelconques du diamètre extérieur sur gaine en matière plastique d'un câble à isolant minéral mesurées dans la même section droite, ne doit pas dépasser 15% de la limite supérieure du diamètre extérieur.

13.4.2 *Melting point*

A sample of the covering material used shall be examined and its melting point determined by any suitable method, the melting point shall be at least 215 °C.

In case of dispute, the Differential Scanning Calorimeter (DSC) shall be used.

13.4.3 *Heat ageing test*

Three pieces of polyamide covered cable shall be placed in an oven at a temperature of 100 ± 2 °C for 72 h. The pieces shall then be removed from the oven and conditioned in an atmosphere of 65% r.h. at a temperature of 20 ± 5 °C for a period of 24 h.

The pieces shall then be wound contiguously around a mandrel having a diameter 10 times the overall diameter of the test pieces for five complete turns.

After the test, the covering shall show no cracks when examined with normal or corrected vision without magnification.

14. **Overall diameter and ovality**

14.1 *Average overall diameter*

The average overall diameter of the completed cable (excluding plastic outer covering) shall be within the specified limits.

Compliance shall be checked by measurement on complete cable samples, the measurements shall be made at three places, separated by at least 1 m. At each place, measurements shall be made in two directions perpendicular to each other, by means of a micrometer or equivalent method.

The average of the six values obtained shall be taken as the average overall diameter.

This average value of diameter shall lie within ± 0.05 mm of the specified value.

14.2 *Ovality in cross-section*

The difference between any two values of the overall diameter of a mineral insulated cable without plastic outer covering in the same cross-section shall not exceed 0.05 mm.

The difference between any two values of the overall diameter of a plastic covered mineral insulated cable in the same cross-section shall not exceed 15% of the upper limit of the overall diameter.