

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC STANDARD

Publication 538

Première édition — First edition

1976

**Câbles, fils et cordons électriques:
Méthodes d'essai pour isolants et gaines en polyéthylène**

**Electric cables, wires and cords:
Methods of test for polyethylene insulation and sheath**



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 utilisée dans la présente publication

Seuls sont définis ici les termes spéciaux se rapportant à la présente publication.

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.

Symboles graphiques et littéraux

Seuls les symboles graphiques et littéraux spéciaux sont inclus dans la présente publication.

Le recueil complet des symboles graphiques approuvés par la CEI fait l'objet de la Publication 117 de la CEI.

Les symboles littéraux et autres signes approuvés par la CEI font l'objet de la Publication 27 de la CEI.

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 used in this publication

Only special terms required for the purpose of this publication are defined herein.

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.

Graphical and letter symbols

Only special graphical and letter symbols are included in this publication.

The complete series of graphical symbols approved by the IEC is given in IEC Publication 117.

Letter symbols and other signs approved by the IEC are contained in IEC Publication 27.

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

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC STANDARD

Publication 538

Première édition — First edition

1976

Câbles, fils et cordons électriques: Méthodes d'essai pour isolants et gaines en polyéthylène

Electric cables, wires and cords: Methods of test for polyethylene insulation and sheath



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
Articles	
1. Généralités	6
1.1 Domaine d'application	6
1.2 Objet	6
1.3 Définitions	6
1.4 Notes d'ordre général concernant les essais	6
2. Caractéristiques mécaniques de l'isolant	8
2.1 Généralités	8
2.2 Echantillonnage	8
2.3 Préparation des éprouvettes	8
2.4 Détermination de la section de l'isolant	10
2.5 Conditionnement des éprouvettes	12
2.6 Méthode d'essai	12
2.7 Expression des résultats	12
3. Caractéristiques mécaniques de la gaine	14
3.1 Généralités	14
3.2 Echantillonnage	14
3.3 Préparation des éprouvettes	14
3.4 Détermination de la section de la gaine	16
4. Indice de fluidité à chaud (IF)	16
4.1 Echantillonnage	16
4.2 Appareillage, méthode d'essai et expression des résultats	16
5. Masse volumique	16
5.1 Méthode de suspension	16
5.2 Méthode du pycnomètre (méthode de référence)	18
5.3 Correction pour le polyéthylène chargé	20
6. Essais thermiques et d'environnement	20
6.1 Essai de vieillissement de l'enveloppe isolante et de la gaine	20
6.2 Essai de retrait de l'enveloppe isolante	24
6.3 Essai de flexion à basse température	26
6.4 Contrôle de l'effet retardateur de flamme	28
6.5 Résistance aux intempéries	28
7. Détermination de la teneur en noir de carbone et/ou en charges minérales dans les gaines en polyéthylène	30
7.1 Echantillonnage	30
7.2 Méthode d'essai	30
7.3 Expression des résultats	30
8. Résistance aux craquelures sous contraintes dues à l'environnement	30
FIGURES	32
ANNEXE A — Mesure des épaisseurs et des diamètres	34
ANNEXE B — Indice de fluidité à chaud	40

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. General	7
1.1 Scope	7
1.2 Object	7
1.3 Definitions	7
1.4 General notes on tests	7
2. Mechanical properties of insulation	9
2.1 General	9
2.2 Sampling	9
2.3 Preparation of test pieces	9
2.4 Determination of cross-sectional area of insulation	11
2.5 Conditioning of test pieces	13
2.6 Test procedure	13
2.7 Expression of results	13
3. Mechanical properties of sheath	15
3.1 General	15
3.2 Sampling	15
3.3 Preparation of test pieces	15
3.4 Determination of cross-sectional area of sheath	17
4. Melt flow index (MFI)	17
4.1 Sampling	17
4.2 Apparatus, test procedure and expression of results	17
5. Density	17
5.1 Suspension method	17
5.2 Pycnometer method (reference method)	19
5.3 Correction for filled polyethylene	21
6. Thermal and environmental tests	21
6.1 Ageing test for insulation and sheath	21
6.2 Shrinkage test for insulation	25
6.3 Bending test at low temperature	27
6.4 Flame-retardance test	29
6.5 Resistance to weathering	29
7. Carbon black and/or mineral filler content measurement in polyethylene sheaths	31
7.1 Sampling	31
7.2 Test procedure	31
7.3 Expression of results	31
8. Resistance to environmental stress cracking	31
FIGURES	32
APPENDIX A — Measurement of thicknesses and diameters	35
APPENDIX B — Melt flow index	41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CÂBLES, FILS ET CORDONS ÉLECTRIQUES:
MÉTHODES D'ESSAI POUR ISOLANTS ET GAINES EN POLYÉTHYLÈNE**

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 publication a été établie par le Comité d'Etudes N° 46 de la CEI: Câbles, fils et guides d'ondes pour équipements de télécommunications.

Un premier projet fut diffusé en 1967. Des projets ultérieurs furent diffusés en 1970 et en 1972, à la suite de quoi le projet, document 46(Bureau Central)15, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en avril 1975.

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

Allemagne
Autriche
Danemark
Espagne
Etats-Unis d'Amérique
France
Israël
Italie

Japon
Pologne
Suède
Suisse
Tchécoslovaquie
Turquie
Union des Républiques
Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRIC CABLES, WIRES AND CORDS:
METHODS OF TEST FOR POLYETHYLENE INSULATION AND SHEATH**

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 publication has been prepared by IEC Technical Committee No. 46, Cables, Wires and Waveguides for Telecommunication Equipment.

A first draft was circulated in 1967. Subsequent drafts were circulated in 1970 and 1972, following which the draft, Document 46(Central Office)15, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in April 1975.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Austria
Czechoslovakia
Denmark
France
Germany
Israel
Italy
Japan

Poland
Spain
Sweden
Switzerland
Turkey
Union of Soviet
Socialist Republics
United States of America

CÂBLES, FILS ET CORDONS ÉLECTRIQUES: MÉTHODES D'ESSAI POUR ISOLANTS ET GAINES EN POLYÉTHYLÈNE

1. Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente norme est un catalogue de méthodes d'essai que l'on conseille d'appliquer pour contrôler les isolants et les gaines en polyéthylène (PE) de câbles, fils et cordons électriques utilisés pour la distribution d'énergie ou pour les télécommunications.

Cette norme se rapporte aux câbles et fils utilisant des polymères d'éthylène et des copolymères d'éthylène et des mélanges de polymères d'éthylène et copolymères ou d'autres polymères de type oléfine. Les monomères pourront être de type oléfine comportant d'autres groupes fonctionnels. L'enveloppe isolante ou la gaine pourront être constituées de polyéthylène de structure différente.

Cette norme s'applique également au polyéthylène présentant une teneur en noir de carbone pouvant atteindre 3% et aux compounds de polyéthylène retardateur de flamme.

Cette norme ne s'applique pas aux compounds réticulés ou cellulaires.

1.2 Objet

Etablir des méthodes uniformes pour contrôler des caractéristiques autres que les caractéristiques électriques des isolants ou des gaines prélevés sur des câbles et fils conformes au paragraphe 1.1.

Note. — Les caractéristiques électriques sont contrôlées conformément aux prescriptions données dans les spécifications des fils et câbles s'y rapportant.

1.3 Définitions

Pour ces essais, on fera la distinction entre PE de basse densité, de moyenne densité et de haute densité:

Polyéthylène de basse densité	$\leq 0,925 \text{ g/cm}^3$	} 23 °C
Polyéthylène de moyenne densité	$> 0,925 \leq 0,940 \text{ g/cm}^3$	
Polyéthylène de haute densité	$> 0,940 \text{ g/cm}^3$	

Note. — Ces masses volumiques se rapportent aux résines non chargées et déterminées au moyen de la méthode définie à l'article 5 pour des compounds contenant du noir de carbone; on peut appliquer un facteur de correction de $+0,01 \text{ g/cm}^3$. En cas de doute, appliquer les formules de correction données au paragraphe 5.3.

1.4 Notes d'ordre général concernant les essais

1.4.1 Les méthodes d'essai décrites dans la présente norme sont en premier lieu destinées aux essais de type.

Note. — Les spécifications de câble doivent déterminer si les mêmes méthodes d'essai complètes doivent s'appliquer aux essais de contrôle systématique ou aux essais spéciaux.

1.4.2 Dans le cas où les méthodes d'échantillonnage ne seraient pas indiquées dans les essais ci-après, elles doivent être précisées dans la spécification de câble correspondante.

1.4.3 Sauf spécification contraire, les essais seront effectués à température ambiante.

1.4.4 Tous les essais seront effectués dans un laps de temps non inférieur à 16 h après l'extrusion de l'isolant ou de la gaine.

ELECTRIC CABLES, WIRES AND CORDS: METHODS OF TEST FOR POLYETHYLENE INSULATION AND SHEATH

1. General

1.1 Scope

This standard is a catalogue of test methods which are recommended to be used for testing polyethylene (PE) insulation and sheath of electric cables, wire and cords used for power distribution or telecommunications.

This standard relates to cables and wires using ethylene polymers and copolymers of ethylene and mixtures of ethylene polymers and copolymers or other olefinic polymers. The monomers may be olefinic including other functional groups. The insulation or the sheath may consist of polyethylene of different structure.

This standard also applies to up to 3% carbon black filled polyethylene and to flame-retardant polyethylene compounds.

This standard does not apply to cross-linked or cellular compounds.

1.2 Object

To establish uniform methods for testing properties other than the electrical properties of insulation or sheath taken from cables and wires according to Sub-clause 1.1.

Note. — The electrical properties are tested according to the requirements given in the relevant cable and wire specifications.

1.3 Definitions

For the purpose of these tests, a distinction shall be made between low, medium and high-density PE:

Low-density polyethylene	$\leq 0.925 \text{ g/cm}^3$	} 23 °C
Medium-density polyethylene	$> 0.925 \leq 0.940 \text{ g/cm}^3$	
High-density polyethylene	$> 0.940 \text{ g/cm}^3$	

Note. — These densities refer to unfilled resins as determined by the method specified in Clause 5 for compounds containing carbon black; a correction factor of $+0.01 \text{ g/cm}^3$ can be used. In case of doubt, the correction formulae given in Sub-clause 5.3 apply.

1.4 General notes on tests

1.4.1 The methods of test described in this standard are intended in the first instance for type tests.

Note. — Cable specifications should specify whether the same complete methods of test should be used for either routine or special tests.

1.4.2 If the methods of sampling are not given in the following tests, these should be specified in the relevant cable specification.

1.4.3 Unless otherwise specified, tests shall be made at ambient temperature.

1.4.4 All the tests should be carried out not less than 16 h after extrusion of the insulation or the sheath.

1.4.5 Utilisé dans la présente norme, le terme « valeur médiane » a la signification suivante: lorsque plusieurs résultats d'essai ont été obtenus et inscrits suivant un ordre croissant (ou décroissant), la valeur médiane correspond à la valeur du milieu, si le nombre de valeurs est impair; elle correspond à la moyenne des deux valeurs du milieu, si le nombre est pair.

2. Caractéristiques mécaniques de l'isolant

2.1 Généralités

Les essais détermineront la charge de rupture, si cela est prescrit dans la spécification de câble correspondante, et l'allongement à la rupture du matériau isolant (les couches semi-conductrices non comprises) prélevé sur des tronçons de câble à l'état de réception (c'est-à-dire sans aucun traitement de vieillissement).

Note. — La mesure de la charge de rupture n'est pas recommandée pour l'isolant des câbles de télécommunication.

2.2 Echantillonnage

2.2.1 Sur chaque élément devant être soumis aux essais, on prélèvera trois échantillons, chacun étant au moins à 100 mm des deux autres. Chaque échantillon, d'une longueur de 200 mm au moins, sera coupé en deux morceaux de 100 mm chacun.

S'il est possible de prélever deux éprouvettes sur la circonférence de l'élément, l'échantillon aura au moins 100 mm de longueur.

2.2.2 Si les échantillons de l'élément sont prélevés aux trois points x, y et z, ils seront marqués consécutivement:

x_0, x_1
 y_0, y_1
 z_0, z_1

2.2.3 La numérotation des petits tronçons et des éprouvettes préparées à partir de ces tronçons doit correspondre à leurs emplacements d'origine sur l'échantillon de l'élément.

2.2.4 Après leur préparation, conformément au paragraphe 2.3, toutes les éprouvettes seront soumises à la détermination de la section précisée au paragraphe 2.4.

2.3 Préparation des éprouvettes

Les éprouvettes peuvent être de deux types: forme tubulaire et forme d'haltère.

Les éprouvettes en forme d'haltère seront utilisées chaque fois que cela sera possible. Dans le cas où une couche semi-conductrice serait soudée sur la surface intérieure de la paroi isolante, on ne pourra utiliser l'éprouvette tubulaire.

2.3.1 Eprouvettes tubulaires

Ce type d'éprouvette sera utilisé uniquement si la section de l'élément est si faible qu'il est impossible de préparer une éprouvette en forme d'haltère.

On prépare un tube d'au moins 100 mm de longueur, en retirant tous les revêtements extérieurs et l'âme conductrice, en prenant soin de ne pas endommager l'enveloppe isolante.

S'il est difficile d'extraire l'âme, on l'étire par un moyen approprié.

On délimite une longueur de 20 mm à l'aide de deux traits de repère parallèles tracés sur la partie médiane de chaque éprouvette, aussitôt avant l'essai de traction.

Note. — Il y a lieu de préciser que dans certains cas, par exemple lorsque les âmes souples sont recouvertes d'un isolant fort mince, il peut être impossible d'extraire l'âme sans endommager l'isolant.

1.4.5 Where the term “median value” is used in this standard, it means the following: 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.

2. Mechanical properties of insulation

2.1 General

The tests shall determine the tensile strength, if required by the relevant cable specification, and elongation at break of insulation material (excluding semiconducting layers) taken from pieces of cable as received (i.e. without any ageing treatment).

Note. — For the insulation of telecommunication cables, the measurement of the tensile strength is not recommended.

2.2 Sampling

2.2.1 Three samples of each core to be tested shall be taken, each not less than 100 mm from the other two. Each sample, at least 200 mm long, shall be cut into two pieces, each of 100 mm.

If it is possible to take two test pieces from the circumference of the core, the sample shall be at least 100 mm long.

2.2.2 If the samples of core are taken from the three places x, y and z, they shall be marked consecutively:

x_0, x_1
 y_0, y_1
 z_0, z_1

2.2.3 The numbering of the small pieces and of the test pieces which shall be prepared therefrom shall correspond to their original places in the sample of core.

2.2.4 All the test pieces, after preparation according to Sub-clause 2.3, shall be subjected to the determination of the cross-sectional area as specified in Sub-clause 2.4.

2.3 Preparation of test pieces

Test pieces may be of two types: tubular and dumb-bell.

The dumb-bell shall be used whenever possible. The tubular test piece cannot be used when there is a semi-conducting layer bonded on the inner surface of the insulating wall.

2.3.1 Tubular test pieces

This type shall be used only when the core is of such a small size that it is not possible to prepare a dumb-bell piece.

A tube not less than 100 mm long is obtained by removal of all outer coverings and the conductor, care being taken not to damage the insulation.

If withdrawal of the conductor is difficult, it should be stretched by any suitable means.

A length of 20 mm is marked by two parallel lines, centrally on each piece, immediately before the tensile test.

Note. — It must be emphasized that in certain cases, such as with stranded conductors having very thin insulation, it may be impossible to withdraw the conductor without damaging the insulation.

2.3.2 Eprouvettes en forme d'haltère

L'isolant doit être fendu parallèlement à l'axe et l'âme doit être retirée.

S'il existe des couches semi-conductrices à l'intérieur et/ou à l'extérieur de l'isolant, on doit les retirer par des moyens mécaniques, c'est-à-dire sans utiliser de solvant.

On coupera l'isolant en veillant à éviter un échauffement excessif. Après la coupe, on devra obtenir deux faces parallèles; l'épaisseur des éprouvettes ne devra pas être inférieure à 0,8 mm ni supérieure à 2,0 mm.

Après cette préparation, on découpera une éprouvette en forme d'haltère au moyen d'un emporte-pièce, selon la figure 1, page 32, ou, si cela est possible, deux éprouvettes en forme d'haltère seront découpées côte à côte.

Si le diamètre de l'élément est trop faible, on ne découpera qu'une seule éprouvette au moyen d'un emporte-pièce, selon la figure 2, page 32.

Juste avant l'essai de traction, on délimite une longueur de 20 mm à l'aide de deux traits de repère tracés sur la partie médiane de chaque éprouvette en forme d'haltère, selon la figure 1; une longueur de 10 mm sera repérée de façon analogue sur chaque haltère, selon la figure 2.

2.4 Détermination de la section de l'isolant

2.4.1 Section de l'éprouvette tubulaire (voir le paragraphe 2.3.1)

La section A , en millimètres carrés, de chaque éprouvette sera déterminée par l'une des méthodes suivantes:

2.4.1.1 A partir des dimensions de la section, à l'aide de la formule:

$$A = \pi (d - \delta) \delta \text{ mm}^2$$

ou:

δ = valeur moyenne de l'épaisseur de l'isolant, en millimètres, déterminée comme indiqué dans l'annexe A, et arrondie à deux décimales

d = valeur moyenne du diamètre extérieur de l'élément, en millimètres, déterminée conformément à l'annexe A, et arrondie à deux décimales

2.4.1.2 A partir de la masse volumique, de la masse et de la longueur, à l'aide de la formule:

$$A = \frac{1\,000\,m}{\rho_1 \times l} \text{ mm}^2$$

où:

m = masse du morceau d'isolant, en grammes avec trois décimales

l = longueur en millimètres avec une décimale

ρ_1 = masse volumique calculée sur un échantillon supplémentaire de la même enveloppe isolante, en grammes par centimètre cube avec trois décimales.

La masse volumique sera déterminée par une méthode normale, généralement acceptée, mais la méthode pycnométrique devra être considérée comme méthode de référence (voir l'article 5). La masse volumique sera mesurée sur le matériau avant vieillissement.

2.4.1.3 En cas de doute, on appliquera la méthode du paragraphe 2.4.1.2.

2.4.2 Section de l'éprouvette en forme d'haltère (voir le paragraphe 2.3.2)

La section de chacune des éprouvettes en forme d'haltère sera calculée à partir de la largeur et de la plus petite épaisseur des trois mesures effectuées au milieu de la longueur (entre les repères) de l'éprouvette.

2.3.2 Dumb-bell test pieces

The insulation shall be cut open in the direction of the axis and the conductor shall be removed.

Semiconducting layers, if any, inside and/or outside the insulation piece, shall be removed mechanically, i.e. without using a solvent.

The insulation shall be cut, care being taken to avoid undue heating. After cutting, two parallel surfaces shall be obtained; the thickness of the pieces shall be not less than 0.8 mm and not more than 2.0 mm.

After this preparation, one dumb-bell according to Figure 1, page 32, shall be punched or, if possible, two dumb-bells shall be punched side by side.

When the diameter of the core is too small, one dumb-bell test piece according to Figure 2, page 32, shall be punched.

Immediately before the tensile test, a length of 20 mm is marked by two lines centrally on each dumb-bell according to Figure 1; a length of 10 mm shall be similarly marked on each dumb-bell according to Figure 2.

2.4 Determination of cross-sectional area of insulation

2.4.1 Cross-sectional area of the tubular test piece (see Sub-clause 2.3.1)

The cross-sectional area A , in square millimetres, of each test piece shall be determined by one of the following methods:

2.4.1.1 From the dimensions of the section, according to the formula:

$$A = \pi (d - \delta) \delta \text{ mm}^2$$

where:

δ = mean value of the thickness of the insulation, in millimetres, determined as specified in Appendix A, and rounded off to two decimal places

d = mean value of the outer diameter of the core, in millimetres, determined according to Appendix A, and rounded off to two decimal places

2.4.1.2 From the density, the mass and the length, according to the formula:

$$A = \frac{1\,000\,m}{\rho_1 \times l} \text{ mm}^2$$

where:

m = mass of the piece of insulation, in grammes to three decimal places

l = length in millimetres to one decimal place

ρ_1 = density obtained from an additional sample of the same insulation, in grammes per cubic centimetre to three decimal places.

The density shall be determined by a generally accepted standard method, but the pycnometer method shall be considered as the reference method (see Clause 5). The density shall be measured on material before ageing.

2.4.1.3 In case of doubt, the method of Sub-clause 2.4.1.2 shall be used.

2.4.2 Cross-sectional area of the dumb-bell test piece (see Sub-clause 2.3.2)

The cross-sectional area of each of the dumb-bell test pieces shall be calculated from the width and the smallest thickness of three measurements of the middle portion of the piece (between the marker lines).

En cas de doute, on mesure non seulement l'épaisseur, mais aussi la largeur en trois points situés entre les traits de repère. Cette largeur est mesurée sur chaque face de l'éprouvette et on prend la moyenne des deux valeurs pour le calcul de la section.

On retient la plus petite des sections ainsi obtenues pour le calcul de la résistance à la traction.

Les mesures seront effectuées à l'aide d'un micromètre ou d'un instrument analogue dont la pression de contact ne dépasse pas 7 N/cm^2 . Les résultats seront exprimés en millimètres avec deux décimales.

2.5 Conditionnement des éprouvettes

Toutes les éprouvettes seront conservées à une température de $23 \pm 5^\circ\text{C}$, pendant 3 h au moins avant l'essai de résistance à la traction.

2.6 Méthode d'essai

2.6.1 Température d'essai

Les essais seront effectués à température ambiante. Chaque essai sera terminé dans les 5 min qui suivent le retrait de l'éprouvette de la chambre de conditionnement. En cas de doute, l'essai doit être répété à $23 \pm 3^\circ\text{C}$.

2.6.2 Distance entre les attaches et vitesse de séparation

Les attaches de la machine de traction peuvent être du type autoserrant ou non autoserrant, qu'il s'agisse d'éprouvettes tubulaires ou d'éprouvettes en forme d'haltère.

La longueur totale entre les attaches doit être voisine de:

- 34 mm pour les haltères, selon la figure 2, page 32;
- 50 mm pour les haltères, selon la figure 1, page 32;
- 50 mm pour les tubes essayés avec mâchoires autoserrantes;
- 85 mm pour les tubes essayés avec mâchoires non autoserrantes.

La vitesse de séparation doit être de:

- $250 \pm 50 \text{ mm/min}$ pour du polyéthylène d'une masse volumique $\leq 0,925 \text{ g/cm}^3$;
- $25 \pm 5 \text{ mm/min}$ pour du polyéthylène d'une masse volumique $> 0,925 \text{ g/cm}^3$.

Note. — Pour des essais de contrôle systématique, le polyéthylène à densité moyenne peut être traité comme du polyéthylène à basse densité.

2.6.3 Mesures

La résistance à la traction et l'allongement à la rupture seront déterminés simultanément sur la même éprouvette.

L'allongement sera déterminé en mesurant la distance entre les deux traits de repère au moment de la rupture.

On ne tiendra pas compte des mauvais résultats obtenus avec des éprouvettes rompues à la suite d'une détérioration causée par les mâchoires; dans ce cas, il est nécessaire d'obtenir au moins quatre résultats valables pour calculer la résistance à la traction et l'allongement à la rupture, sinon l'essai doit être répété.

2.7 Expression des résultats

Pour le calcul de la résistance à la traction, on rapportera toutes les charges de rupture à la section de l'éprouvette non étirée. On prendra comme valeur de la résistance à la traction, la valeur médiane des valeurs obtenues; il en sera de même pour celle de l'allongement à la rupture.

In case of doubt, not only the thickness but also the width is measured at three points between the marker lines, and the width is measured on both surfaces of the test piece, taking the mean of the two values for the calculation of the cross-section.

The smallest of the three cross-sections so found is taken as relevant for the calculation of the tensile strength.

The measurement shall be made by a micrometer or similar instrument producing a contact pressure not exceeding 7 N/cm^2 . Results shall be expressed in millimetres to two decimal places.

2.5 Conditioning of test pieces

All test pieces shall be kept for at least 3 h before the tensile test at a temperature of $23 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

2.6 Test procedure

2.6.1 Test temperature

The tests shall be carried out at ambient temperature. Each test shall be completed within 5 min after removal of the test piece from the conditioning chamber. In case of doubt, the test must be repeated at $23 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$.

2.6.2 Distance between the grips and rate of separation

The grips of the tensile machine may be either of a self-tightening type or of a non-self-tightening type for both dumb-bell and tubular test pieces.

The total length between the grips shall be about:

- 34 mm in the case of dumb-bells according to Figure 2, page 32;
- 50 mm in the case of dumb-bells according to Figure 1, page 32;
- 50 mm in the case of tubes, if tested with self-tightening grips;
- 85 mm in the case of tubes, if tested with non-self-tightening grips.

The rate of separation shall be:

- $250 \pm 50 \text{ mm/min}$ for polyethylene of a density $\leq 0.925 \text{ g/cm}^3$;
- $25 \pm 5 \text{ mm/min}$ for polyethylene of a density $> 0.925 \text{ g/cm}^3$.

Note. — For routine tests, medium-density polyethylene may be treated as low-density polyethylene.

2.6.3 Measurements

The tensile strength and the elongation at break shall be determined simultaneously on the same specimen.

The elongation shall be determined by measuring the distance between the two marker lines at the moment of rupture.

Unsatisfactory results due to damage in the grips shall be ignored; in such a case, at least four valid results are required in order to calculate the tensile strength and the elongation at break, otherwise the test must be repeated.

2.7 Expression of results

All breaking loads shall be referred to the cross-sectional area of the unstretched test piece for calculation of tensile strength. The median of the values of tensile strength shall be recorded as the tensile strength, likewise for the elongation at break.

3. Caractéristiques mécaniques de la gaine

3.1 Généralités

Les essais détermineront la résistance à la rupture, si cela est prescrit dans la spécification de câble correspondante, et l'allongement à la rupture de la matière des gaines prélevées sur des tronçons de câble à l'état de réception (c'est-à-dire sans aucun traitement de vieillissement).

3.2 Echantillonnage

On prélèvera trois échantillons de câble, chacun étant au moins à 100 mm des deux autres. Chaque échantillon, d'une longueur de 200 mm au moins, sera coupé en deux morceaux de 100 mm chacun.

S'il est possible de prélever deux éprouvettes sur la circonférence de la gaine, l'échantillon aura au moins 100 mm de longueur.

3.2.2 Si les échantillons de câble sont prélevés aux trois points x, y et z, ils seront marqués consécutivement:

x_0, x_1

y_0, y_1

z_0, z_1

3.2.3 La numérotation des petits tronçons et des éprouvettes préparées à partir de ces tronçons doit correspondre à leurs emplacements d'origine sur l'échantillon de câble.

3.2.4 Après leur préparation, conformément au paragraphe 3.3, toutes les éprouvettes seront soumises à la détermination de la section précisée au paragraphe 3.4.

3.3 Préparation des éprouvettes

Les éprouvettes peuvent être de deux types: forme tubulaire et forme d'haltère.

Les éprouvettes en forme d'haltère seront utilisées chaque fois que cela sera possible.

3.3.1 Eprouvettes tubulaires

Ce type d'éprouvette sera utilisé uniquement si la section du câble est si faible qu'il est impossible de préparer une éprouvette en forme d'haltère.

On prépare un tube d'au moins 100 mm de longueur, en retirant tous les revêtements extérieurs, élément(s), revêtements intérieurs, bourrages, etc., s'il y en a, en prenant soin de ne pas endommager la gaine.

On délimite une longueur de 20 mm à l'aide de deux traits de repère parallèles tracés sur la partie médiane de chaque éprouvette, aussitôt avant l'essai de traction.

3.3.2 Eprouvettes en forme d'haltère

Ce type d'éprouvette sera utilisé chaque fois que cela sera possible. Après avoir retiré tous les revêtements extérieurs, la gaine doit être fendue parallèlement à l'axe du câble, ou s'il y a des empreintes dues aux conducteurs isolés, dans le sens des empreintes; on retirera ensuite le ou les conducteurs isolés, les revêtements intérieurs, l'armure, le bourrage, s'il y en a, etc.

Les gaines avec empreintes seront coupées, en veillant à éviter un échauffement excessif. Après la coupe, on devra obtenir deux faces parallèles; l'épaisseur des haltères ne devra pas être inférieure à 0,8 mm ni supérieure à 2,0 mm.

Note. — Dans des cas particuliers, par exemple lorsque la surface extérieure et intérieure de l'haltère est lisse, on peut également utiliser des haltères sur toute leur épaisseur.