

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	Poland
Czechoslovakia	Spain
Denmark	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Israel	Union of Soviet
Italy	Socialist Republics
Japan	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 ^\circ\text{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.

3. Mechanical properties of sheath

3.1 General

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

3.2 Sampling

Three samples of cable 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 sheath, the sample shall be at least 100 mm long.

3.2.2 If the samples of cable 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

3.2.3 The numbering of the small pieces and of the test pieces prepared therefrom shall correspond to their original places in the sample of cable.

3.2.4 All the test pieces, after preparation according to Sub-clause 3.3, shall be subjected to the determination of the cross-sectional area as specified in Sub-clause 3.4.

3.3 Preparation of test pieces

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

The dumb-bell shall be used whenever possible.

3.3.1 Tubular test pieces

This type shall be used only when the cable is of such 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, core(s), inner coverings, fillers, etc., if any, care being taken not to damage the sheath.

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

3.3.2 Dumb-bell test pieces

This type of test piece shall be used whenever possible. After removing all outer coverings, the sheath shall be cut open in the direction of the axis of the cable, or, if there are ridges caused by the cores, in the direction of the ridges; the core(s), inner covering, armour, fillers, etc., if any, are then removed.

Sheaths with ridges shall be cut, care being taken to avoid undue heating. After cutting, two parallel surfaces shall be obtained; the thickness of the dumb-bells shall be not less than 0.8 mm and not more than 2.0 mm.

Note. — Dumb-bells with full thickness may also be used in particular cases, e.g. when the outside and inside surface of the dumb-bell is smooth.

Après cette préparation, on découpera une éprouvette en forme d'haltère au moyen d'un emporte-pièce, soit selon la figure 1, page 32, soit selon la figure 2, page 32, ou, si cela est possible, deux éprouvettes en forme d'haltère seront découpées côte à côte suivant la figure 2.

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, conformément à la figure 1; une longueur de 10 mm sera repérée de façon analogue sur chaque haltère, selon la figure 2.

3.4 Détermination de la section de la gaine

3.4.1 Section de l'éprouvette tubulaire (voir le paragraphe 3.3.1)

3.4.1.1 La section A , en millimètres carrés, de chaque éprouvette sera déterminée par l'une des méthodes prescrites aux paragraphes 2.4.1.1 et 2.4.1.2.

3.4.1.2 Les deux méthodes des paragraphes 2.4.1.1 et 2.4.1.2 pourront être utilisées avec des gaines sans empreintes, mais en cas de litige, on appliquera la méthode du paragraphe 2.4.1.2. La section A d'une gaine avec empreintes sera déterminée par la méthode du paragraphe 2.4.1.2.

3.4.2 Section de l'éprouvette en forme d'haltère (voir le paragraphe 3.3.2)

La détermination de la section de l'éprouvette en forme d'haltère sera effectuée comme cela est décrit au paragraphe 2.4.2.

3.4.3 Conditionnement des éprouvettes, méthode d'essai et expression des résultats

Le conditionnement des éprouvettes, la méthode d'essai et l'expression des résultats seront spécifiés conformément aux paragraphes 2.5, 2.6 et 2.7, respectivement.

4. Indice de fluidité à chaud (IF)

Cet essai déterminera la quantité de polyéthylène extrudé, dans un temps donné, à travers une filière d'une longueur et d'un diamètre spécifiés, à 190 °C, la charge et le piston devant répondre à des conditions prescrites.

Note. — L'indice de fluidité à chaud n'est pas appliqué au polyéthylène retardateur de flamme.

4.1 Echantillonnage

On prélèvera, sur une extrémité du câble ou du fil, un échantillon, de masse suffisante, de la gaine ou de l'enveloppe isolante, que l'on coupera en morceaux, dont la dimension ne sera pas supérieure à 3 mm dans toute direction.

Note. — Si cela est nécessaire, le matériau isolant peut être prélevé sur des éléments différents.

4.2 Appareillage, méthode d'essai et expression des résultats

Toutes les précisions concernant l'essai sont conformes aux méthodes A et C, respectivement, de la Recommandation ISO/R 292 (deuxième édition), données dans l'annexe B.

5. Masse volumique

5.1 Méthode de suspension

5.1.1 Matériel d'essai

— Ethanol (alcool éthylique) pour analyses, ou un autre liquide approprié pour masses volumiques égales ou inférieures à 1 g/cm³;

After this preparation, one dumb-bell according to either Figure 1, page 32, or Figure 2, page 32, shall be punched or, if possible, two dumb-bells shall be punched side by side.

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.

3.4 *Determination of cross-sectional area of sheath*

3.4.1 *Cross-sectional area of the tubular test piece* (see Sub-clause 3.3.1)

3.4.1.1 The cross-sectional area A , in square millimetres, of each test piece shall be determined by one of the methods described in Sub-clauses 2.4.1.1 and 2.4.1.2.

3.4.1.2 Both methods in Sub-clauses 2.4.1.1 and 2.4.1.2 may be used for sheaths without ridges, but in case of dispute, the method of Sub-clause 2.4.1.2 shall be used. For sheaths with ridges, the cross-sectional area A shall be determined by the method of Sub-clause 2.4.1.2.

3.4.2 *Cross-sectional area of the dumb-bell test piece* (see Sub-clause 3.3.2)

The cross-sectional area of the dumb-bell test piece shall be determined as in Sub-clause 2.4.2.

3.4.3 *Conditioning of test pieces, test procedure and expression of results*

Conditioning of test pieces, test procedure and expression of results shall be as specified in Sub-clauses 2.5, 2.6 and 2.7, respectively.

4. **Melt flow index (MFI)**

This test shall determine the quantity of polyethylene extruded through a die of specified length and diameter at 190 °C, under prescribed load and piston conditions in a specified time.

Note. — The MFI is not applicable to flame-retardant polyethylene.

4.1 *Sampling*

A sample of insulation or sheath of sufficient mass shall be taken from one end of the cable or wire. The sample shall be cut in pieces, the dimension of which shall not exceed 3 mm in any direction.

Note. — If necessary, the material of insulation may be taken from different cores.

4.2 *Apparatus, test procedure and expression of results*

All details of the test are in accordance with Methods A and C, respectively, of ISO Recommendation R 292 (second edition), given in Appendix B.

5. **Density**

5.1 *Suspension method*

5.1.1 *Testing equipment*

— Ethanol (ethyl alcohol) for analyses or another suitable liquid for densities equal or below 1 g/cm³;

- solution de chlorure de zinc pour masses volumiques supérieures à 1 g/cm³;
- eau distillée;
- cylindre mélangeur;
- thermostat;
- aréomètre étalonné à 23 °C;
- thermomètre gradué en dixièmes de degré Celsius.

5.1.2 Méthode d'essai

5.1.2.1 On prélève un échantillon sur l'enveloppe isolante de la gaine à essayer, perpendiculairement à l'axe du conducteur et on le découpe en parcelles de 1 mm à 2 mm de longueur d'arête. On détermine la masse volumique en amenant l'éprouvette en suspension dans un liquide ne réagissant pas sur la matière à examiner.

Les liquides appropriés sont les suivants:

- pour une masse volumique que l'on présume être inférieure à 1 g/cm³, un mélange d'éthanol et d'eau;
- pour une masse volumique égale ou supérieure à 1 g/cm³, une solution de chlorure de zinc dans l'eau.

5.1.2.2 On introduit trois parcelles de l'échantillon dans le liquide à une température de $23 \pm 0,1$ °C, en évitant toute formation de bulles d'air. On ajoute de l'eau distillée au liquide jusqu'à ce que les parcelles flottent librement dans le liquide se trouvant dans le cylindre mélangeur. La solution liquide doit être homogène et maintenue à la température indiquée. La masse volumique de la solution liquide est déterminée à l'aide de l'aréomètre et exprimée avec trois décimales. Cette masse volumique est égale à la masse volumique des éprouvettes à examiner.

Note. — La méthode ASTM-D 1505, « Densité des matières plastiques déterminée par la technique du gradient de densité », opère suivant le même principe et peut être également utilisée.

5.2 Méthode du pycnomètre (méthode de référence)

5.2.1 Appareillage

L'appareillage nécessaire comprend:

- une balance avec une précision de 0,1 mg;
- une fourche à plateaux ou un autre support fixe;
- un pycnomètre de 50 ml de capacité;
- un bain liquide avec un contrôle thermostatique.

5.2.2 Echantillonnage

L'éprouvette sera prélevée sur l'enveloppe isolante ou sur la gaine nues. La masse de l'éprouvette ne sera pas inférieure à 1 g ni supérieure à 5 g. L'éprouvette sera obtenue par découpage de l'échantillon de l'enveloppe isolante ou de la gaine en un certain nombre de petits morceaux; les petits tubes d'enveloppe isolante ou de gaine seront coupés dans le sens longitudinal en deux ou plusieurs parties pour éviter l'inclusion de bulles d'air.

5.2.3 Conditionnement

L'éprouvette sera à la température ambiante de 23 ± 3 °C.

5.2.4 Méthode d'essai

On pèse le pycnomètre vide et sec, puis une quantité appropriée de l'éprouvette dans le pycnomètre. On immerge l'éprouvette dans l'alcool à 96% et on évacue tout l'air de l'éprouvette, par exemple en faisant le vide dans le pycnomètre placé verticalement dans un dessiccateur. On coupe le vide (s'il a été fait) et on remplit le pycnomètre du liquide d'immersion. On le porte à une température de $23 \pm 0,5$ °C dans le bain, puis on termine le remplissage

- zinc chloride solution for densities greater than 1 g/cm³;
- distilled water;
- mixing cylinder;
- thermostat;
- hydrometer calibrated at 23 °C;
- thermometer with 0.1 °C division.

5.1.2 Test procedure

5.1.2.1 From the insulation or the sheath to be tested, a sample is taken perpendicularly to the conductor axis and is cut into small pieces of 1 mm to 2 mm edge length. The density is determined by putting the sample in suspension in a liquid which does not react with the material to be tested.

The following liquids are suitable:

- for a density expected to be lower than 1 g/cm³, a solution of ethanol in water;
- for a density of 1 g/cm³ and higher, a solution of zinc chloride in water.

5.1.2.2 Three pieces of the sample are placed into the liquid at a temperature of 23 ± 0.1 °C, avoiding any formation of air bubbles. Distilled water is added to the liquid until the pieces are freely suspended within the liquid in the mixing cylinder. The liquid solution must be homogeneous and maintained at the indicated temperature. The density of the liquid solution is determined by means of the hydrometer and indicated to three decimal places. The determined density being the same as that of the samples under test.

Note. — The ASTM-D 1505 method, "Density of plastics — gradient technique", works according to the same principle and may also be used.

5.2 Pycnometer method (reference method)

5.2.1 Apparatus

The apparatus for this method consists of:

- a balance with a precision of 0.1 mg;
- a pan straddle or other stationary support;
- a pycnometer of 50 ml capacity;
- a liquid bath provided with a thermostatic control.

5.2.2 Sampling

The specimen should be taken from bare insulation or sheath. The mass of the specimen should be not less than 1 g and not greater than 5 g. The specimen should be made by cutting the sample of insulation or sheath into a number of small pieces; small tubes of insulation or sheath should be cut longitudinally into two or more parts to prevent the enclosure of air bubbles.

5.2.3 Conditioning

The specimen should be at an ambient temperature of 23 ± 3 °C.

5.2.4 Procedure

Weigh the pycnometer empty and dry, then weigh a suitable quantity of the specimen in the pycnometer. Cover the test specimen with immersion liquid (alcohol 96%) and remove all air from the specimen, for example by applying a vacuum to the pycnometer standing in a desiccator. Break the vacuum (if applied) and fill the pycnometer with the immersion liquid. Bring it to a temperature of 23 ± 0.5 °C in the bath, and then complete filling

exactement à la pleine capacité du pycnomètre. On sèche et on pèse le pycnomètre avec son contenu. On le vide et on le remplit du liquide d'immersion, on évacue l'air et on détermine le poids du contenu et du pycnomètre à $23 \pm 0,5$ °C.

5.2.5 Calcul

On calcule la masse volumique de l'enveloppe isolante et de la gaine en polyéthylène par la formule suivante:

$$\text{masse volumique à } 23 \text{ °C} = \frac{m \times \rho_L}{m_1 - m_2}$$

où:

m = masse de l'éprouvette, en grammes

m_1 = masse du liquide nécessaire pour remplir le pycnomètre, en grammes

m_2 = masse du liquide nécessaire pour remplir le pycnomètre lorsqu'il contient l'éprouvette, en grammes

ρ_L = masse volumique du liquide d'immersion à 23 °C, éthanol à 96% à 23 °C = 0,7988 g/cm³

5.3 Correction pour le polyéthylène chargé

On pourra négliger les antioxydants et les pigments organiques colorés qui sont normalement utilisés en quantités négligeables. Toutefois, dans les cas où d'autres adjuvants, tels que charges minérales, seraient utilisés en quantités notables, on effectuera une correction appropriée en déterminant la nature et la quantité de l'adjuvant à l'aide de moyens chimiques appropriés et sûrs et en appliquant la formule:

$$\rho = \frac{m \times \rho_C \times \rho_F}{m_C \times \rho_F - m_F \times \rho_C}$$

où:

ρ = masse volumique du polyéthylène (valeur corrigée)

ρ_C = masse volumique du compound polyéthylène (valeur mesurée)

ρ_F = masse volumique de l'adjuvant ou de la charge (valeur mesurée)

m = masse du polymère polyéthylène (différence de m_C et m_F)

m_C = masse du compound polyéthylène (valeur mesurée)

m_F = masse de la charge (valeur mesurée)

Pour des compounds contenant du noir de carbone, on effectuera la correction à l'aide de la formule simplifiée ci-après:

$$\rho = \rho_C - 0,0045 \times c_B$$

où:

c_B = valeur numérique du pourcentage en noir de carbone

6. Essais thermiques et d'environnement

6.1 Essai de vieillissement de l'enveloppe isolante et de la gaine

Note. — La méthode d'essai suivante s'applique au polyéthylène ayant une masse volumique inférieure ou égale à 0,940 g/cm³ et une épaisseur radiale $\geq 0,8$ mm. Pour l'instant, la méthode d'essai ne s'applique pas au polyéthylène ayant une masse volumique supérieure à 0,940 g/cm³ et une épaisseur radiale $< 0,8$ mm.

6.1.1 Matériel d'essai

- Emporte-pièce pour découpage des éprouvettes en forme d'haltère, selon les figure 1 et 2, page 32;
- dispositif de découpage des éprouvettes de manière à obtenir deux faces parallèles lisses;

exactly to the limits of the capacity of the pycnometer. Wipe dry and weigh the pycnometer with its contents. Empty and fill with the immersion liquid, remove the air and determine the weight of the contents and pycnometer at $23 \pm 0.5^\circ\text{C}$.

5.2.5 Calculation

Calculate the density of the polyethylene insulation and sheath from the following relation:

$$\text{density at } 23^\circ\text{C} = \frac{m \times \rho_L}{m_1 - m_2}$$

where:

m = mass of specimen, in grammes

m_1 = mass of liquid required to fill the pycnometer, in grammes

m_2 = mass of liquid required to fill the pycnometer, when containing the specimen, in grammes

ρ_L = density of immersion liquid at 23°C , ethanol 96% at $23^\circ\text{C} = 0.7988 \text{ g/cm}^3$

5.3 Correction for filled polyethylene

Antioxidants and organic coloured pigments which are normally used in negligible quantities may be neglected. However, where other additives such as mineral fillers are used in considerable quantities, an appropriate correction shall be made. This shall be done by determining the nature and quantity of the additive by reputable chemical means using the formula:

$$\rho = \frac{m \times \rho_C \times \rho_F}{m_C \times \rho_F - m_F \times \rho_C}$$

where:

ρ = density of the polyethylene (corrected value)

ρ_C = measured density of polyethylene compound (measured value)

ρ_F = density of additive or filler (measured value)

m = mass of polyethylene polymer (difference of m_C and m_F)

m_C = mass of polyethylene compound (measured value)

m_F = mass of filler (measured value)

For compounds containing carbon black, the correction is made by means of the following simplified formula:

$$\rho = \rho_C - 0.0045 \times c_B$$

where:

c_B = numerical value of the percentage of carbon black

6. Thermal and environmental tests

6.1 Ageing test for insulation and sheath

Note. — The following test method applies to polyethylene with a density up to and including 0.940 g/cm^3 and for wall thicknesses $\geq 0.8 \text{ mm}$. For the time being, it does not apply to polyethylene with a density greater than 0.940 g/cm^3 and for wall thicknesses $< 0.8 \text{ mm}$.

6.1.1 Testing apparatus

- Punching device for dumb-bell test pieces as in Figures 1 and 2, page 32;
- cutting device for obtaining smooth plane-parallel surfaces of the pieces;

- étuve à chauffage électrique avec circulation naturelle de l'air;
- machine de traction;
- dispositif de serrage comprenant deux mâchoires correspondant aux prescriptions des éprouvettes.

6.1.2 Echantillonnage

Le comportement de vieillissement de l'enveloppe isolante et de la gaine doit être vérifié sur deux éprouvettes au moins.

On utilisera les éprouvettes en forme d'haltère chaque fois que cela sera possible, c'est-à-dire dans tous les cas où les câbles et éléments auront un diamètre supérieur à 10 mm, et, autant que possible, pour tous les diamètres inférieurs ou égaux à 10 mm.

Chaque fois que les dimensions de l'éprouvette le permettent, on effectue l'essai sur l'éprouvette n° 1 (voir la figure 1, page 32). Dans tous les cas où les éprouvettes en forme d'haltère ne peuvent pas être découpées au moyen d'un emporte-pièce (suivant le paragraphe 6.1.1), on doit employer des éprouvettes tubulaires.

6.1.3 Préparation des éprouvettes

6.1.3.1 Eprouvettes tubulaires

On prépare un tube d'au moins 100 mm de longueur en retirant tous les revêtements extérieurs et l'âme et 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, juste avant l'essai d'allongement.

Note. — On doit insister sur le fait que dans certains cas, c'est-à-dire âmes toronnées ayant une enveloppe isolante relativement mince, il peut être impossible de retirer l'âme sans détériorer l'enveloppe isolante.

6.1.3.2 Eprouvettes en forme d'haltère

L'enveloppe doit être fendue parallèlement à l'axe et l'âme doit être retirée.

S'il y a des couches semi-conductrices à l'intérieur ou/et à l'extérieur de l'enveloppe isolante, on doit les retirer par des moyens mécaniques, c'est-à-dire sans employer de solvant.

Les enveloppes isolantes et gaines comportant des arêtes doivent être coupées au moyen d'un dispositif de découpage, conformément au paragraphe 6.1.1, afin d'obtenir des éprouvettes à faces parallèles, en veillant à éviter un échauffement excessif. L'épaisseur des éprouvettes ne doit pas être inférieure à 0,8 mm ni supérieure à 2,0 mm. On découpera une éprouvette en forme d'haltère au moyen d'un emporte-pièce selon le procédé du paragraphe 6.1.1 et 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 petit, on ne découpera qu'une seule éprouvette en forme d'haltère au moyen d'un emporte-pièce, suivant la figure 2, page 32.

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, juste avant l'essai d'allongement; une longueur de 10 mm sera repérée de façon analogue sur chaque éprouvette en forme d'haltère, selon la figure 2.

6.1.4 Méthode de vieillissement

Les éprouvettes, préparées selon le paragraphe 6.1.3, sont suspendues verticalement au milieu de l'étuve, selon le paragraphe 6.1.1, pendant 10 fois 24 h à la température de 100 ± 2 °C. Chaque éprouvette doit être distante de toute autre éprouvette d'au moins 20 mm. Aussitôt après le vieillissement, on retire les éprouvettes de l'étuve et on les laisse, pendant 16 h au moins, à la température ambiante, en évitant la lumière solaire directe.

- electrically heated cabinet with natural air flow;
- tensile strength testing machine;
- clamping device with two grips corresponding to the requirements of the pieces.

6.1.2 Sampling

The ageing behaviour of the insulation and the sheath shall be tested on at least two test pieces.

The dumb-bell test pieces shall be used whenever possible, i.e. in all cases for cables and cores having a diameter greater than 10 mm and for all diameters less than or equal to 10 mm as far as possible.

Whenever the dimensions of the test piece permit it, the test is carried out on dumb-bell No. 1 (see Figure 1, page 32). In all cases, when dumb-bell test pieces according to Sub-clause 6.1.1 cannot be punched out, tubular test pieces shall be used.

6.1.3 Preparation of test pieces

6.1.3.1 Tubular test pieces

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 elongation test.

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

6.1.3.2 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 or/and outside the insulation piece shall be removed mechanically, i.e. without using a solvent.

Insulations and sheaths with ridges shall be cut with a cutting device according to Sub-clause 6.1.1 to obtain plane-parallel strips from the insulation or the sheath, care being taken to avoid undue heating. The thickness of the pieces shall be not less than 0.8 mm and not more than 2.0 mm. From these strips one dumb-bell with the punching device as in Sub-clause 6.1.1, 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 elongation 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.

6.1.4 Ageing procedure

The test pieces prepared according to Sub-clause 6.1.3 shall be suspended vertically in the middle of the air oven according to Sub-clause 6.1.1 for 10×24 h at 100 ± 2 °C. The distance between the test pieces shall be at least 20 mm. Immediately after ageing, the test pieces are taken out of the air oven and left at ambient temperature for at least 16 h, avoiding direct sunlight.

6.1.5 Essai d'allongement après vieillissement

Les éprouvettes, préparées selon le paragraphe 6.1.3 et vieilles selon le paragraphe 6.1.4, doivent être soumises à un essai d'allongement à la température ambiante.

En cas de doute, l'essai doit être répété à 23 ± 3 °C.

Les mâchoires 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 dans le cas d'éprouvettes en forme d'haltère, selon la figure 2, page 32;
- 50 mm dans le cas d'éprouvettes en forme d'haltère, selon la figure 1, page 32;
- 50 mm dans le cas d'éprouvettes tubulaires essayées avec des mâchoires autoserrantes;
- 85 mm dans le cas d'éprouvettes tubulaires essayées avec des mâchoires non autoserrantes.

La vitesse de séparation des attaches doit être de:

- 250 ± 50 mm/min pour le polyéthylène ayant une masse volumique $\leq 0,925$ g/cm³;
- 25 ± 5 mm/min pour le polyéthylène dont la masse volumique est $> 0,925$ g/cm³.

On ne doit pas tenir compte des éprouvettes cassées au ras des attaches et présentant des valeurs nettement plus basses.

Note. — Pour les essais de contrôle systématique, on peut appliquer le processus du polyéthylène basse densité au polyéthylène moyenne densité.

L'allongement doit être déterminé en mesurant la distance entre les deux points de repère à la rupture.

6.1.6 Expression des résultats

La valeur médiane des valeurs d'allongement à la rupture sera considérée comme allongement à la rupture. L'allongement à la rupture ne doit pas être inférieur à 300%, à moins que la spécification particulière n'exige une autre valeur.

6.2 Essai de retrait de l'enveloppe isolante

6.2.1 Echantillonnage

On prélèvera, sur chaque élément à essayer, un échantillon d'une longueur de 0,3 m environ, à un point situé à 1 m au moins de l'extrémité de la longueur de câble. On retirera tous les revêtements des âmes isolées de l'échantillon, à l'exception des couches semi-conductrices adhérentes.

Dans les 5 min (maximum) qui suivent la coupe de l'échantillon, on délimite une longueur de 200 ± 5 mm à l'aide de deux traits de repère tracés sur la partie médiane de l'enveloppe isolante des conducteurs. La distance entre les repères sera mesurée avec une précision de 0,5 mm. L'éprouvette ou les éprouvettes en cas de câble multi-conducteur seront préparées en découpant et en retirant l'enveloppe isolante aux deux extrémités de l'échantillon à un point situé à une distance de 2 mm à 5 mm des deux repères.

6.2.2 Méthode d'essai

Les éprouvettes sont maintenues horizontalement, pendant 1 h, dans une étuve à air, à la température prescrite. Pour des enveloppes isolantes présentant des épaisseurs jusqu'à 1 mm, ce séjour peut être réduit à 15 min, mais en cas de doute la durée sera de 1 h. On recommande de suspendre les éprouvettes librement ou de les conserver dans un bain de talc afin d'obtenir un mouvement libre de l'enveloppe isolante.

Pour du polyéthylène présentant une masse volumique inférieure ou égale à 0,940 g/cm³, la température dans l'étuve sera de 100 ± 2 °C. Pour du polyéthylène présentant une masse volumique supérieure à 0,940 g/cm³, la température sera de 115 ± 2 °C.

6.1.5 Elongation test after ageing

Test pieces prepared according to Sub-clause 6.1.3 and aged according to Sub-clause 6.1.4 shall be subjected to an elongation test at ambient temperature.

In case of doubt, the test must be repeated at 23 ± 3 °C.

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 ± 50 mm/min for polyethylene of a density ≤ 0.925 g/cm³;
- 25 ± 5 mm/min for polyethylene of a density > 0.925 g/cm³.

Test pieces breaking at the grips and showing remarkably lower value shall not be taken into account.

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

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

6.1.6 Expression of results

The median of the values of elongation at break shall be recorded as the elongation at break. It shall be not less than 300%, unless the relevant specification requires another value.

6.2 Shrinkage test for insulation

6.2.1 Sampling

One sample about 0.3 m in length of each core to be tested is taken at least 1 m away from the end of the cable length. All coverings on the insulated conductors of the sample, except adherent semiconductive layers, are removed.

Five minutes maximum after having cut the sample, the test length of 200 ± 5 mm is marked on the insulation in the middle part of the cores. The distance between the marks is measured with a precision of 0.5 mm. The test piece or the pieces in case of a multicore cable are prepared by cutting and removing the insulation at both ends of the sample 2 mm to 5 mm apart from the two marks.

6.2.2 Test procedure

The test pieces are stored horizontally in the air oven at the prescribed temperature for 1 h. For insulation thicknesses up to 1 mm, the storage time may be reduced to 15 min, but in case of doubt the storage time shall be 1 h. A free suspending of the test pieces or the storage in a talc bath is recommended in order to have a free motion of the insulation.

The storage temperature shall be 100 ± 2 °C for polyethylene with a density up to and including 0.940 g/cm³, and 115 ± 2 °C for polyethylene with density greater than 0.940 g/cm³.

6.2.3 Expression des résultats

Après le refroidissement de l'éprouvette à la température ambiante, on mesurera la distance entre les deux repères sur l'enveloppe isolante en arrondissant au 0,5 mm le plus proche et on notera le pourcentage de retrait (s'il existe).

6.3 Essai de flexion à basse température

6.3.1 Pour l'enveloppe isolante en polyéthylène

6.3.1.1 Généralités

Cet essai est destiné aux éléments, cordons et câbles isolés avec du polyéthylène retardateur de flamme et ayant un diamètre extérieur inférieur ou égal à 12,5 mm.

6.3.1.2 Echantillonnage et préparation des éprouvettes

Chaque élément à essayer doit être représenté par deux échantillons, de longueur appropriée, prélevés en deux endroits espacés d'au moins 1 m.

Après retrait de tous les revêtements éventuels, les échantillons seront utilisés comme éprouvettes.

6.3.1.3 Appareillage

L'appareillage recommandé pour cet essai est représenté, avec des explications, à la figure 3, page 33. Il est principalement constitué d'un seul mandrin rotatif et de dispositifs de guidage pour les éprouvettes.

D'autres appareils à mandrin unique pourront être utilisés s'ils sont pratiquement équivalents à celui qui est représenté à la figure 3.

L'appareil sera conservé dans un réfrigérateur avant et pendant l'essai.

6.3.1.4 Méthode d'essai

L'éprouvette est fixée dans l'appareillage conformément à la figure 3.

L'appareil avec les éprouvettes en place est maintenu dans le réfrigérateur pendant 16 h à la température d'essai spécifiée.

La durée de refroidissement de 16 h, comprend le temps nécessaire pour refroidir l'appareillage. Si l'appareillage subit un refroidissement préalable, une période plus courte, mais non inférieure à 4 h, est admissible à condition que l'échantillon ait atteint la température d'essai prescrite. Si l'appareillage et les éprouvettes subissent un refroidissement préalable, une période de refroidissement de 1 h après la fixation de chaque éprouvette dans l'appareillage est suffisante. A la fin de la période prescrite, on tournera le mandrin conformément aux conditions spécifiées au paragraphe 6.3.1.5, l'éprouvette étant guidée de manière à s'enrouler étroitement sur le mandrin pour former une hélice à spires jointives. Dans le cas d'éprouvettes avec des conducteurs à âmes sectoriales, la partie circulaire de l'éprouvette doit être en contact avec le mandrin.

Ensuite, on laisse les éprouvettes revenir approximativement à la température ambiante sans les dérouler du mandrin.

6.3.1.5 Conditions d'essai

Les températures de refroidissement et d'essai sont indiquées dans la spécification du type de compound polyéthylène ou de câble à essayer.

Le diamètre du mandrin sera compris entre quatre et cinq fois celui de l'éprouvette (voir ci-dessous).

On mesurera le diamètre réel de chaque éprouvette, soit avec un calibre, soit avec un ruban-mesureur ou tout autre instrument de mesure approprié. Pour des éprouvettes à âmes sectoriales, le petit axe est considéré comme la dimension équivalente au diamètre pour déterminer le diamètre du mandrin et le nombre de spires.

6.2.3 *Expression of results*

After cooling the test piece in the air oven to room temperature, the distance between the two marks on the insulation is measured to the closest 0.5 mm and the percentage change, if any, is recorded.

6.3 *Bending test at low temperature*

6.3.1 *For polyethylene insulation*

6.3.1.1 *General*

This test is intended for cores, cords and cables of flame-retardant polyethylene with an overall diameter up to and including 12.5 mm.

6.3.1.2 *Sampling and preparation of test pieces*

Each core to be tested shall be represented by two samples, of suitable length, taken from two places separated by at least 1 m.

After removal of all coverings, if any, the samples are used as test pieces.

6.3.1.3 *Apparatus*

The apparatus recommended for this test is represented in Figure 3, page 33, with explanations. It consists essentially of one revolving mandrel and guiding devices for the test pieces.

Other single-mandrel apparatus, substantially equivalent to the one represented in Figure 3, may also be used.

The apparatus shall be held in a refrigerator before and during the test.

6.3.1.4 *Test procedure*

The test piece shall be fixed in the apparatus, as shown in Figure 3.

The apparatus with the test pieces in position shall be maintained in the refrigerator, at the specified test temperature, for 16 h.

The cooling period of 16 h includes the time necessary for cooling down the apparatus. If the apparatus has been pre-cooled, a shorter period is permissible, but not less than 4 h, provided that the sample has attained the prescribed test temperature. If the apparatus and test specimens are pre-cooled, a cooling time of 1 h after each test piece has been fixed to the apparatus is sufficient. At the end of the prescribed time, the mandrel shall be rotated, complying with the conditions specified in Sub-clause 6.3.1.5, the test piece being guided so that it is bent tautly round the mandrel in a close helix. In the case of sector-shaped test pieces, the circular "back" part of the test piece shall result in contact with the mandrel.

Afterwards the test piece, still on the mandrel, shall be allowed to attain approximately room temperature.

6.3.1.5 *Test conditions*

The cooling and test temperatures are given in the test specification of the type of polyethylene compound or cable to be tested.

The diameter of the mandrel shall be between four and five times the diameter of the test piece (see below).

The actual diameter of each test piece shall be measured by either a calliper or a measuring tape or any other suitable measuring instrument. For sector-shaped test pieces, the minor axis is taken as the parameter equivalent of the diameter for determining the mandrel diameter and the number of turns.

Pour les cordons plats, le diamètre du mandrin doit être calculé à partir de la dimension minimale du cordon qui est enroulé avec son petit axe perpendiculairement au mandrin.

Le mandrin doit tourner avec une vitesse uniforme à raison d'environ un tour en 5 s et le nombre de spires doit être conforme à celui prescrit dans le tableau suivant:

Diamètre extérieur de l'éprouvette (mm)		Nombre de spires
Plus grand que	Plus petit que, ou égal à	
—	2,5	10
2,5	4,5	6
4,5	6,5	4
6,5	8,5	3
8,5	12,5	2

6.3.1.6 Prescription

A la fin de la méthode d'essai décrite au paragraphe 6.3.1.4, l'éprouvette sera examinée sans la dérouler du mandrin. L'enveloppe isolante des deux éprouvettes ne doit pas présenter de craquelure visible à l'œil nu.

6.3.2 Pour la gaine en polyéthylène

6.3.2.1 Généralités

Cet essai s'applique aux câbles ayant une gaine en polyéthylène retardateur de flamme et un diamètre extérieur jusqu'à 12,5 mm inclus.

6.3.2.2 Echantillonnage et préparation des éprouvettes

Chaque gaine à essayer doit être représentée par deux tronçons de câble complet, de longueur appropriée, prélevés en deux endroits espacés d'au moins 1 m.

Avant de commencer l'essai, on retire tous les revêtements extérieurs éventuels de la gaine.

6.3.2.3 Appareillage, méthode d'essai et conditions d'essai

Conformément aux paragraphes 6.3.1.3, 6.3.1.4 et 6.3.1.5.

Dans le cas des câbles ayant une armure ou un blindage concentrique sous la gaine extérieure, le diamètre du mandrin doit être prescrit dans la spécification du câble correspondante.

6.3.2.4 Prescription

A la fin de la méthode d'essai décrite au paragraphe 6.3.2.3, l'éprouvette sera examinée sans la dérouler du mandrin. La gaine des deux éprouvettes ne doit pas présenter de craquelure visible à l'œil nu.

6.4 Contrôle de l'effet retardateur de flamme

A l'étude.

6.5 Résistance aux intempéries

Des gaines contenant $2,5 \pm 0,5\%$ de noir de carbone (bien dispersé) sont considérées comme résistant aux intempéries.

For flat cords, the mandrel diameter shall be based on the minor dimension of the samples, which are wound on with its minor axis perpendicular to the mandrel.

The mandrel shall be uniformly rotated at a rate of one revolution in about 5 s and the number of turns shall be as specified in the following table.

Overall diameter of the test piece (mm)		Number of turns
Greater than	Up to and incl.	
—	2.5	10
2.5	4.5	6
4.5	6.5	4
6.5	8.5	3
8.5	12.5	2

6.3.1.6 Requirement

At the end of the procedure described in Sub-clause 6.3.1.4, the test piece shall be examined while still on the mandrel. The insulation of both test pieces shall not show any crack visible to the naked eye.

6.3.2 For polyethylene sheath

6.3.2.1 General

This test is intended for cables having a sheath of flame-retardant polyethylene with an overall diameter up to and including 12.5 mm.

6.3.2.2 Sampling and preparation of test pieces

The sheath to be tested shall be represented by two pieces of completed cable, of suitable length, taken from two places separated by at least 1 m.

Before commencing the test, all outer coverings, if any, shall be removed from the sheath.

6.3.2.3 Apparatus, test procedure and test conditions

In compliance with Sub-clauses 6.3.1.3, 6.3.1.4 and 6.3.1.5.

For cables having an armour or a concentric conductor under the outer sheath, the diameter of the mandrel shall be prescribed in the relevant cable specification.

6.3.2.4 Requirement

At the end of the procedure described in Sub-clause 6.3.2.3, the test pieces shall then be examined while still on the mandrel. The sheath of both test pieces shall not show any crack visible to the naked eye.

6.4 Flame-retardance test

Under consideration

6.5 Resistance to weathering

Sheaths containing $2.5 \pm 0.5\%$ of carbon black (well dispersed) are considered as weather-resistant.

7. Détermination de la teneur en noir de carbone et/ou en charges minérales dans les gaines en polyéthylène

7.1 Echantillonnage

On prélèvera à une extrémité du câble un échantillon de gaine d'un poids suffisant. On coupera cet échantillon en morceaux, dont les dimensions ne devront pas être supérieures à 5 mm en chaque sens.

7.2 Méthode d'essai

On chauffe au rouge une nacelle à combustion d'environ 75 mm de long, on la laisse refroidir dans le dessiccateur, pendant 30 min au moins, puis on la pèse à 0,0001 g près. On place une éprouvette de polyéthylène d'un poids de $1,0 \pm 0,1$ g dans la nacelle et on pèse le tout à 0,0001 g près (masse *A*).

Puis on place la nacelle et l'éprouvette au centre d'un tube à combustion en verre dur, en silice ou en porcelaine, ayant une ouverture de 30 mm environ et une longueur de 400 ± 50 mm. Un bouchon muni d'un thermomètre, permettant de mesurer des températures comprises entre 300 °C et 550 °C, et d'un tube pour l'admission d'azote est introduit ensuite à une extrémité du tube de combustion, de façon que l'extrémité du thermomètre soit en contact avec la nacelle. On fait passer de l'azote ayant une teneur en oxygène inférieure à 0,5%, à travers le tube de combustion, à une vitesse de $1,7 \pm 0,3$ l/min, et on maintient cette vitesse d'écoulement pendant le chauffage consécutif.

Note. — En cas de doute, la teneur de l'azote en oxygène sera limitée à 0,01 %.

Le tube de combustion est placé dans un four et on connecte sa sortie à deux pièges à froid montés en série, les deux contenant du trichloréthylène et le premier étant refroidi avec de la neige carbonique. Le tube de sortie du deuxième piège à froid est relié à une hotte ou à l'atmosphère extérieure. En variante, il est admissible que la sortie du tube à combustion soit directement reliée à l'atmosphère extérieure.

Puis on chauffe le four de façon que la température atteigne 300 °C à 350 °C au bout de 10 min, 450 °C environ 10 min plus tard, et 500 ± 5 °C après une troisième période de 10 min. Cette dernière température est maintenue pendant 10 min, à l'issue desquelles on déconnecte le tube de sortie des pièges à froid (si on en utilise); on retire du four le tube contenant la nacelle et on la laisse refroidir pendant 5 min, le courant de l'azote étant maintenu à la même vitesse qu'auparavant.

Puis on retire la nacelle du tube à combustion par l'intermédiaire de l'extrémité du tube d'admission d'azote; on la laisse refroidir dans le dessiccateur pendant 20 min à 30 min et on la pèse de nouveau à 0,0001 g près (masse de résidu: *B*).

Ultérieurement, on introduit de nouveau la nacelle dans le tube à combustion; au lieu d'azote on fait passer de l'air ou de l'oxygène dans le tube à une vitesse appropriée et à une température de 500 ± 20 °C de manière à brûler le noir de carbone restant. Après refroidissement du dispositif d'essai, la nacelle est de nouveau retirée, puis pesée (masse de résidu: *C*).

Note. — On fait descendre la température du four à 300 °C ou moins, entre les mesures successives.

7.3 Expression des résultats

$$\text{Teneur en noir de carbone: } \frac{B-C}{A} \times 100\%$$

$$\text{Teneur en charges minérales: } \frac{C}{A} \times 100\%$$

$$\text{Teneur en charges: } \frac{B}{A} \times 100\%$$

8. Résistance aux craquelures sous contraintes dues à l'environnement

A l'étude.

7. Carbon black and/or mineral filler content measurement in polyethylene sheaths

7.1 Sampling

A sample of the sheath of sufficient weight shall be taken from one end of the cable. The sample shall be cut in pieces, the dimensions of which shall not exceed 5 mm in any direction.

7.2 Test procedure

A combustion boat about 75 mm long shall be heated until it is red-hot, allowed to cool in the desiccator for at least 30 min and weighed to the nearest 0.0001 g. A sample of polyethylene weighing 1.0 ± 0.1 g shall be placed in the boat and the whole weighed to the nearest 0.0001 g (quantity *A*).

The boat and the sample shall then be placed in the middle of a hard-glass, silica or porcelain combustion tube, bore approximately 30 mm, length 400 ± 50 mm. A stopper carrying a thermometer for temperature measurements from 300 °C to 550 °C, and a tube for the admission of nitrogen then being inserted into one end of the combustion tube so that the end of the thermometer touches the boat. Nitrogen with an oxygen content of less than 0.5% shall be passed through the combustion tube at 1.7 ± 0.3 l/min and this rate of flow shall be maintained during the subsequent heating.

Note. — In the case of doubt, the oxygen content of the nitrogen shall be limited to 0.01%.

The combustion tube shall be placed in a furnace and its outlet connected to two cold traps in series, both containing trichlorethylene and the first being cooled with solid carbon dioxide. The outlet tube from the second trap shall lead to a fume hood or the outside atmosphere. Alternatively, it is permissible for the outlet from the combustion tube to lead directly to the outside atmosphere.

The furnace shall then be heated so that the temperature is between 300 °C and 350 °C after about 10 min, about 450 °C after 10 min further, and 500 ± 5 °C after a third period of 10 min. This latter temperature shall then be maintained for 10 min, at the end of which the outlet tube shall be disconnected from the cold traps, if these are used, and the tube containing the boat withdrawn from the furnace and allowed to cool for 5 min, the flow of nitrogen being maintained at the same rate as before.

The boat shall then be removed from the combustion tube through the nitrogen inlet end; allowed to cool in the desiccator for 20 min to 30 min and reweighed to the nearest 0.0001 g (quantity *B* of residue).

Subsequently, the boat is introduced again in the combustion tube; instead of nitrogen, air or oxygen is blown through the tube at an adequate flow rate at a temperature of 500 ± 20 °C, so that the remaining carbon black shall be burnt. After cooling of the test arrangement, the boat is again removed and weighed again (quantity *C* of residue).

Note. — The furnace temperature shall be allowed to fall to 300 °C or less between successive determinations.

7.3 Expression of results

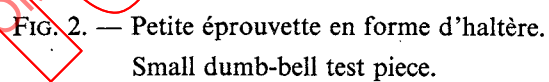
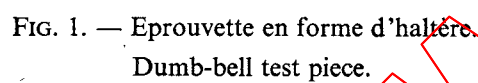
$$\text{Carbon black content: } \frac{B-C}{A} \times 100\%$$

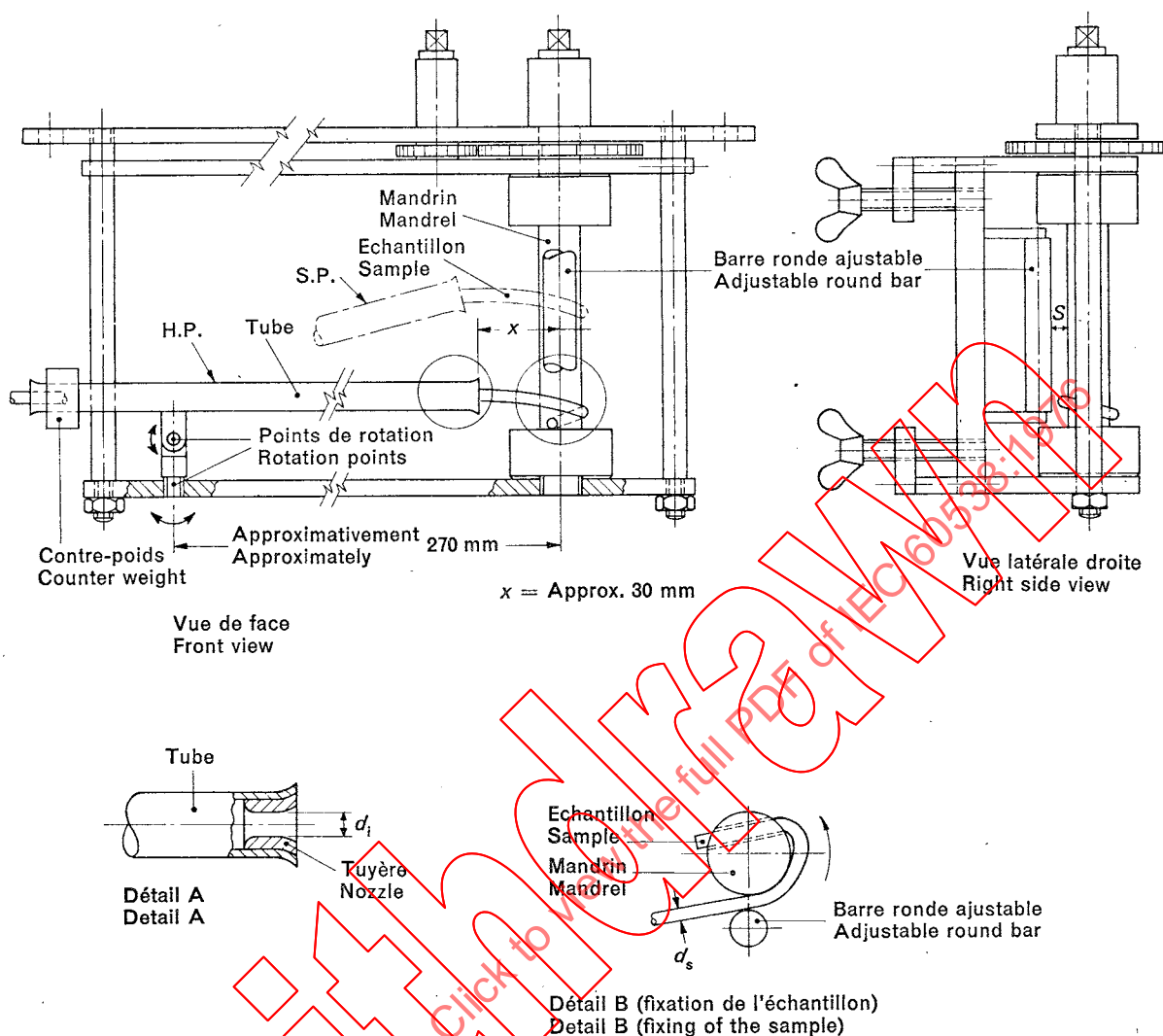
$$\text{Mineral filler content: } \frac{C}{A} \times 100\%$$

$$\text{Filler content: } \frac{B}{A} \times 100\%$$

8. Resistance to environmental stress cracking

Under consideration.





Notes 1. — $d_s < S < 1,5 d_s$.

2. — $d_i = 1,2 \text{ à } 1,5 \times d_s$.

3. — En position horizontale, le tube ne doit pas trop appuyer l'échantillon vers le bas.

4. — En position en pente, le tube ne doit pas trop appuyer l'échantillon vers le haut.

Notes 1. — $d_s < S < 1,5 d_s$.

2. — $d_i = 1,2 \text{ to } 1,5 \times d_s$.

3. — In horizontal position (H.P.), the tube should not press the sample down too much.

4. — In slope position (S.P.), the tube should not press the sample upwards too much.

FIG. 3. — Appareil pour l'essai de flexion à basse température.
Apparatus for bending test at low temperature.

ANNEXE A

MESURE DES ÉPAISSEURS ET DES DIAMÈTRES

A1. Mesure des épaisseurs des enveloppes isolantes

A1.1 Généralités

La mesure de l'épaisseur de l'enveloppe isolante peut être prescrite comme essai individuel ou comme une étape nécessaire pour effectuer d'autres essais comme la détermination des caractéristiques mécaniques.

A1.2 Matériel de mesure

Microscope de mesure permettant des lectures d'une précision de 0,01 mm.

Au lieu du microscope, on peut utiliser un projecteur de mesure avec grossissement minimal de 10, mais, en cas de doute, on doit retenir la méthode avec microscope de mesure.

A1.3 Préparation des éprouvettes

On débarrasse l'enveloppe isolante des protections éventuelles et on extrait l'âme conductrice en veillant à ne pas endommager l'enveloppe isolante. On ne doit pas éliminer les couches semi-conductrices internes et/ou externes si elles sont adhérentes à l'enveloppe isolante.

Chaque éprouvette est constituée par une tranche mince de l'enveloppe isolante. La tranche doit être coupée avec un appareil approprié (couteau bien affilé, lame de rasoir, etc.) suivant un plan perpendiculaire à l'axe du conducteur.

Si l'enveloppe isolante est marquée en creux, ayant ainsi localement une épaisseur réduite, on doit prélever l'éprouvette de manière à inclure un tel marquage.

A1.4 Méthode de mesure

L'éprouvette est placée sur la platine d'un microscope, le plan de coupe étant normal à l'axe optique.

A1.4.1 Si le profil intérieur de l'éprouvette est circulaire, on procède à six mesures radiales, autant que possible réparties également sur la circonférence.

Dans le cas d'éléments à âmes sectoriales, les six mesures doivent être effectuées selon la figure 4, page 38.

A1.4.2 Si l'enveloppe isolante est prélevée sur une âme câblée, on effectue les six mesures radiales dans les directions où l'enveloppe isolante est la plus mince, c'est-à-dire entre les crêtes provoquées par les brins de l'âme, selon la figure 5, page 38.

A1.4.3 Si le profil extérieur semble inégal, le fil transversal du réticule doit être placé selon la figure 6, page 38.

A1.4.4 Si des couches de blindage internes et/ou externes ne peuvent pas être séparées de l'enveloppe isolante, on effectue les mesures sans inclure l'épaisseur de ces couches.

Dans tous les cas, la première mesure est effectuée à l'endroit où l'enveloppe isolante est la plus mince. Les lectures doivent être effectuées à la deuxième décimale près.

A1.5 Evaluation des résultats de mesure

La « valeur moyenne de l'épaisseur » de chaque éprouvette (voir le paragraphe 2.4.1.1) est calculée à partir des six résultats de mesure obtenus sur cette éprouvette. Les valeurs doivent être arrondies à deux décimales près; si la troisième décimale est un 5 ou plus, la deuxième décimale doit être augmentée au chiffre suivant.

APPENDIX A

MEASUREMENT OF THICKNESSES AND DIAMETERS

A1. Measurement of thicknesses of the insulating walls

A1.1 General

Measurement of insulation thickness may be required as an individual test or as a step in the procedure for carrying out other tests, such as the determination of mechanical properties.

A1.2 Measuring equipment

Measuring microscope allowing a reading of 0.01 mm.

Instead of the microscope, a suitable measuring projector with a magnification ratio of at least 10 may be used, but in case of doubt the microscope measuring procedure shall be applied.

A1.3 Preparation of test pieces

Any covering is removed from the insulation and the conductor is withdrawn, care being taken to avoid damage of the insulation. Semi-conducting inner and/or outer layers, if bonded to the insulation, shall not be removed.

Each test piece shall consist of a thin slice of insulation. The slice shall be cut with a suitable device (sharp knife, razor blade, etc.) along a plane perpendicular to the axis of the conductor.

If a marking is stamped into the insulation, thus giving rise to a local reduction of thickness, the test piece shall be taken so as to include such marking.

A1.4 Measuring procedure

The test piece shall be placed under the microscope with the plane of the cut perpendicular to the optical axis.

A1.4.1 When the inner profile of the test piece is a circle, six measurements are to be carried out radially, as far as possible equally spaced around the circumference.

In case of sector-shaped cores, the six measurements shall be made as shown in Figure 4, page 38.

A1.4.2 When the insulation is taken from a stranded conductor, six measurements are to be made radially in the directions where the insulation is thinnest, i.e. between the ridges caused by strands, as shown in Figure 5, page 38.

A1.4.3 When the outer profile shows unevenness, the cross-wire of the equipment shall be adjusted as shown in Figure 6, page 38.

A1.4.4 When there are unremovable screening layers under and/or over the insulating wall, they shall be excluded from the measurements.

In all cases, the first measurement is made at the place where the insulation is thinnest. The readings shall be made to two decimal places.

A1.5 Evaluation of the measurement results

The "mean value of the thickness" of each test piece (see Sub-clause 2.4.1.1) is calculated from the six measurement results found on that test piece. The values should be rounded off to two decimal places; if the third decimal place is a 5 or more, the second decimal place should be raised to the next number.

A2. Mesures des épaisseurs des gaines

A2.1 Généralités

La mesure de l'épaisseur de la gaine est destinée aux mêmes essais que ceux qui sont précisés au paragraphe A1.1.

A2.2 Matériel de mesure

Voir le paragraphe A1.2.

A2.3 Préparation des éprouvettes

Après avoir retiré tous les matériaux éventuels, à l'intérieur et à l'extérieur du tronçon de gaine, on prépare chaque éprouvette en coupant avec un appareil approprié (couteau bien affilé, lame de rasoir, etc.) une tranche mince suivant un plan perpendiculaire à l'axe du câble.

Si nécessaire, les surfaces des coupes sont rendues soigneusement planes. Si la gaine est marquée en creux, ayant ainsi localement une épaisseur réduite, on doit prélever l'éprouvette de manière à inclure un tel marquage.

A2.4 Méthode de mesure

L'éprouvette est placée sur la platine d'un microscope de mesure, le plan de coupe étant normal à l'axe optique.

A2.4.1 Si le profil intérieur de l'éprouvette est circulaire, on procède à six mesures radiales, autant que possible réparties également sur la circonférence.

A2.4.2 Si le profil intérieur pratiquement circulaire n'est pas régulier ou lisse, on procède à six mesures radiales dans les directions où la gaine est la plus mince, le fil transversal du réticule étant placé comme dans l'exemple indiqué à la figure 7, page 38.

A2.4.3 Si le profil intérieur n'est pas circulaire, on effectue un nombre approprié de mesures radiales (jusqu'à six) dans les directions où la gaine est la plus mince, c'est-à-dire au fond des empreintes formées par les éléments, selon la figure 8, page 38.

A2.4.4 Dans tous les cas, la première mesure est effectuée au point où la gaine est la plus mince.

Les lectures doivent être effectuées à la deuxième décimale près.

A2.5 Evaluation des résultats de mesure

Les résultats sont évalués comme indiqué au paragraphe A1.5.

A3. Mesure des diamètres

Lorsque la mesure du diamètre est exigée pour d'autres essais, elle doit être effectuée comme suit:

A3.1 Pour les diamètres jusqu'à 12,5 mm inclus: à l'aide du microscope ou du projecteur de mesure en opérant sur la même tranche mince que celle qui est utilisée pour les mesures d'épaisseur des paragraphes A1.4 et A2.4.

A3.2 Pour les diamètres supérieurs à 12,5 mm: à l'aide d'un mètre-ruban en opérant sur chaque éprouvette.

Dans ce cas, les lectures doivent être effectuées à une seule décimale près.

A2. Measurement of sheath thicknesses

A2.1 General

The purpose of measuring the sheath thickness is stated in Sub-clause A1.1.

A2.2 Measuring equipment

See Sub-clause A1.2.

A2.3 Preparation of test pieces

After having removed all materials, if any, inside and outside the sheath piece, each test piece is prepared by cutting with a suitable device (sharp knife, razor blade, etc.) a thin slice along a plane perpendicular to the axis of the cable.

If necessary, the planes of the cuts are carefully smoothed. If a marking is stamped into the sheath, thus giving rise to a local reduction of thickness, the test piece shall be taken so as to include such marking.

A2.4 Measuring procedure

The test piece shall be placed under a microscope with the plane of the cut perpendicular to the optical axis.

A2.4.1 When the inner profile of the test piece is a circle, six measurements shall be carried out radially, equally spaced, as far as possible, around the circumference.

A2.4.2 If the inner substantially circular surface is not regular or smooth, the six measurements are to be made radially in the directions where the sheath is thin, placing the cross-wire of the equipment as shown, for example, in Figure 7, page 38.

A2.4.3 When the inner profile is not circular, an appropriate number of measurements (up to six) shall be carried out radially where the sheath is thinnest, i.e. at bottom of the grooves caused by the cores, as shown in Figure 8, page 38.

A2.4.4 In all cases, the first measurement is made at the place where the thickness appears to be thinnest.

The readings shall be made to two decimal places.

A2.5 Evaluation of the measurement results

The results shall be evaluated as described in Sub-clause A1.5.

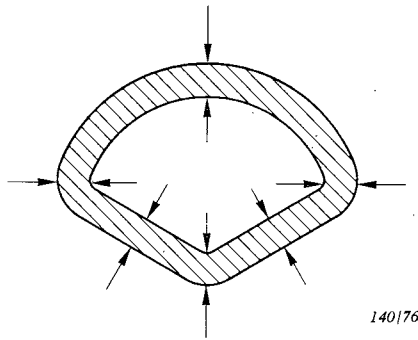
A3. Measurement of diameters

When the measurements of the diameter is required for the purpose of other tests, it shall be carried out as follows:

A3.1 For diameters up to and including 12.5 mm: by the microscopic or projector method, on the same thin slice used for the measurement of the thicknesses, as described in Sub-clauses A1.4 and A2.4.

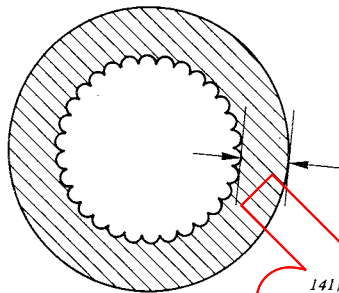
A3.2 For diameters exceeding 12.5 mm: by the measuring tape, on each test piece.

In this case, the readings shall be made to one decimal place only.



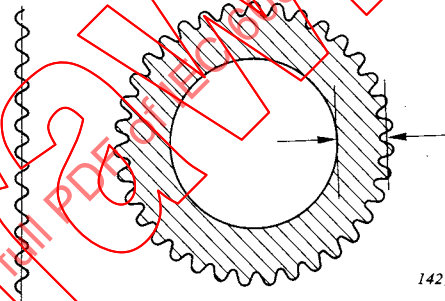
140/76

FIGURE 4



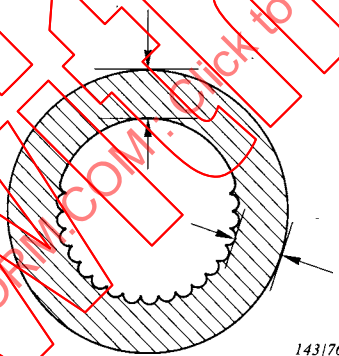
141/76

FIGURE 5



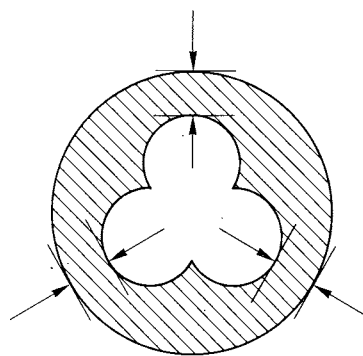
142/76

FIGURE 6



143/76

FIGURE 7



144/76

FIGURE 8

IEC NORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60538:1976

Withd 2011