

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 540

Première édition — First edition

1976

**Méthodes d'essais pour les enveloppes isolantes et les gaines
des câbles électriques rigides et souples
(mélanges élastomères et thermoplastiques)**

**Test methods for insulations and sheaths of electric cables and cords
(elastomeric and thermoplastic compounds)**



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 540

Première édition — First edition

1976

**Méthodes d'essais pour les enveloppes isolantes et les gaines
des câbles électriques rigides et souples
(mélanges élastomères et thermoplastiques)**

**Test methods for insulations and sheaths of electric cables and cords
(elastomeric and thermoplastic compounds)**



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

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

Articles

1. Domaine d'application et validité	6
2. Généralités sur les essais	6

SECTION DEUX — MÉTHODES D'ESSAIS

3. Essais de décharges partielles	8
4. Mesure des épaisseurs et des diamètres	12
5. Détermination des propriétés mécaniques des mélanges pour enveloppes isolantes et gaines	18
6. Méthodes de vieillissement thermique	30
7. Essai de perte de masse des enveloppes isolantes et des gaines de p.v.c.	38
8. Essai de pression à température élevée pour enveloppes isolantes et gaines de p.v.c.	42
9. Essais à basse température pour enveloppes isolantes et gaines de p.v.c.	50
10. Essais de résistance à la fissuration des enveloppes isolantes et gaines de p.v.c.	62
11. Méthode de détermination de la masse volumique des mélanges élastomériques et thermoplastiques	66
12. Mesure de l'indice de fluidité à chaud du polyéthylène thermoplastique	70
13. Essai de résistance à l'ozone	76
14. Degré de réticulation du polyéthylène réticulé (PRC)	82
15. Essai de résistance à l'huile minérale pour les gaines à base d'élastomères	90
16. Essais électriques pour fils et câbles, souples et rigides, pour tensions ne dépassant pas 450/750 V	90
FIGURES	98

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5

SECTION ONE—GENERAL

Clause	
1. Scope and validity	7
2. General notes on tests	7

SECTION TWO—TEST METHODS

3. Partial discharge tests	9
4. Measurement of thicknesses and diameters	13
5. Tests for determining the mechanical properties of insulating and sheathing compounds	19
6. Thermal ageing methods	31
7. Loss of mass test for p.v.c. insulations and sheaths	39
8. Pressure test at high temperature for p.v.c. insulations and sheaths	43
9. Tests at low temperature for p.v.c. insulations and sheaths	51
10. Tests for resistance of p.v.c. insulations and sheaths to cracking	63
11. Method for determining the density of elastomeric and thermoplastic compounds	67
12. Measurement of the melt flow index of thermoplastic polyethylene	71
13. Ozone resistance test	77
14. Degree of cross-linking for cross-linked polyethylene (XLPE)	83
15. Mineral oil immersion test for elastomeric sheaths	91
16. Electrical tests for cables, cords and wires for voltages up to 450/750 V	91
FIGURES	98

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MÉTHODES D'ESSAIS POUR LES ENVELOPPES ISOLANTES
ET LES GAINES DES CÂBLES ÉLECTRIQUES RIGIDES ET SOUPLES
(MÉLANGES ÉLASTOMÈRES ET THERMOPLASTIQUES)**

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

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

Elle remplace la Publication 330 de la C E I: Méthodes d'essai des enveloppes isolantes et gaines de p.v.c. pour les câbles électriques.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Varsovie en 1973. A la suite de cette réunion, un projet, document 20A(Bureau Central)45, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en septembre 1974.

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

Allemagne
Autriche
Belgique
Danemark
Etats-Unis d'Amérique
Finlande
France
Israël
Italie
Norvège
Pays-Bas

Pologne
Portugal
Roumanie
Royaume-Uni
Suède
Tchécoslovaquie
Turquie
Union des Républiques
Socialistes Soviétiques
Yougoslavie

Autre publication citée dans la présente publication:

Publication n° 270: Mesure des décharges partielles.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**TEST METHODS FOR INSULATIONS AND SHEATHS
OF ELECTRIC CABLES AND CORDS
(ELASTOMERIC AND THERMOPLASTIC COMPOUNDS)**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I E C 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 I E C expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the I E C recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the I E C recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This publication has been prepared by Sub-Committee 20A, High-voltage Cables, of I E C Technical Committee No. 20, Electric Cables.

It supersedes I E C Publication 330, Methods of Test for p.v.c. Insulation and Sheath of Electric Cables.

A first draft was discussed at the meeting held in Warsaw in 1973. As a result of this meeting, a draft, Document 20A(Central Office)45, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in September 1974.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Austria
Belgium
Czechoslovakia
Denmark
Finland
France
Germany
Israel
Italy
Netherlands

Norway
Poland
Portugal
Romania
Sweden
Turkey
Union of Soviet Socialist Republics
United Kingdom
United States of America
Yugoslavia

Other I E C publication quoted in this publication :

Publication No. 270, Partial Discharge Measurements.

MÉTHODES D'ESSAIS POUR LES ENVELOPPES ISOLANTES ET LES GAINES DES CÂBLES ÉLECTRIQUES RIGIDES ET SOUPLES (MÉLANGES ÉLASTOMÈRES ET THERMOPLASTIQUES)

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application et validité

1.1 *Domaine d'application*

La présente norme spécifie les méthodes d'essais à utiliser pour l'évaluation des enveloppes isolantes et des gaines à base de polymères synthétiques pour les fils et câbles électriques, rigides et souples, y compris certains types de câbles de télécommunication *.

1.2 *Valeurs prescrites pour les essais*

Les spécifications complètes des essais (conditions d'essais telles que température, durées, etc., et modalités d'exécution) ne figurent pas dans cette norme. Elles figurent, en principe, dans les normes particulières à chaque type de câble.

Les prescriptions d'essai mentionnées dans cette norme peuvent être modifiées par une norme particulière pour satisfaire aux besoins du type de câble correspondant.

1.3 *Application*

Les valeurs de conditionnement et paramètres d'essai qui sont indiqués correspondent aux mélanges d'isolation et de gaines, ainsi qu'aux fils et câbles, rigides et souples, des types les plus courants.

Il est entendu que les valeurs de ces paramètres doivent être modifiées pour des applications spéciales, par exemple pour des mélanges de polychlorure de vinyle (p.v.c.) fonctionnant à des températures de service supérieures à 70 °C et pour les enveloppes isolantes de câbles dont la tension nominale, U , dépasse 30 kV.

2. Généralités sur les essais

2.1 *Essais de type et autres essais*

Cette norme décrit essentiellement des méthodes relatives aux essais de type. Pour certains essais, des différences importantes existent entre les conditions dans lesquelles sont conduits les essais de types et les essais plus répétitifs, comme les essais individuels; ces différences sont alors précisées.

Les normes particulières à un type de câble considéré devraient spécifier si les mêmes méthodes d'essais sont adoptées, sous une forme identique ou simplifiée, pour les essais spéciaux et les essais individuels. En général, pour ces derniers essais, l'échantillonnage est réduit.

2.2 *Echantillonnage*

Pour les câbles multipolaires rigides et souples, on ne doit pas essayer plus de trois conducteurs isolés (de couleurs différentes, s'il y a lieu), sauf spécification contraire dans la norme particulière au type de câble considéré.

* En principe, il s'agit seulement, ici, des câbles de télécommunication isolés au polychlorure de vinyle (p.v.c.); les câbles isolés au polyéthylène (PE) sont à l'étude.

TEST METHODS FOR INSULATIONS AND SHEATHS OF ELECTRIC CABLES AND CORDS (ELASTOMERIC AND THERMOPLASTIC COMPOUNDS)

SECTION ONE—GENERAL

1. Scope and validity

1.1 *Scope*

This standard specifies the test methods to be used for testing polymeric insulation and sheath of electric cables, wires and cords, including some types of telecommunication cables *.

1.2 *Test values*

Full test conditions (such as temperatures, durations, etc. and full test requirements) are not specified in this standard; it is intended that they should be specified by the standard dealing with the relevant type of cable.

Any test requirements which are given in this standard may be modified by the relevant cable standard to suit the needs of a particular type of cable.

1.3 *Applicability*

Conditioning values and testing parameters are specified for the most common types of insulating and sheathing compounds and of cables, wires and cords.

It is intended that the values of these parameters should be modified for use in special applications, for instance for p.v.c. compounds for operation at temperatures higher than 70 °C and for insulation of cables for rated voltage, U , in excess of 30 kV.

2. General notes on tests

2.1 *Type tests and other tests*

The test methods described in this standard are intended, in the first instance, to be used for type tests. In certain tests, where there are essential differences between the conditions for type tests and those for more frequent tests, such as routine tests, these differences are indicated.

The relevant cable standards should specify whether the same methods shall be used, in the same or a simpler form, for special tests and routine tests. In general, for these latter tests, the sampling is reduced.

2.2 *Sampling*

For multicore cables and cords, not more than three cores (of different colours, if any) shall be tested unless otherwise specified in the relevant cable standard.

* In principle, only p.v.c.-insulated telecommunication cables have been considered; (PE) polyethylene-insulated cables are under consideration.

2.3 Préconditionnement

Tous les essais doivent être exécutés plus de 16 h après l'extrusion ou la vulcanisation (ou la réticulation), s'il y a lieu, des mélanges d'isolation et de gaine.

2.4 Température d'essai

Les essais sont exécutés à la température ambiante, sauf spécification contraire.

2.5 Valeur médiane

Plusieurs résultats d'essais étant obtenus et classés par valeurs croissantes ou décroissantes, la valeur médiane est la valeur du milieu de la série si le nombre de valeurs disponibles est impair, et la moyenne arithmétique des deux valeurs centrales dans la série si le nombre est pair.

2.6 Tension d'essai

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

Les valeurs indiquées sont des valeurs efficaces.

SECTION DEUX — MÉTHODES D'ESSAIS

3. Essais de décharges partielles

3.1 Définitions et objet

3.1.1 Définitions

Les définitions données dans la Publication 270 de la C E I: Mesure des décharges partielles, sont applicables à cette méthode.

Les définitions suivantes sont à signaler en particulier:

- a) charge apparente, q , ou amplitude de décharge (paragraphe 3.3.1);
- b) tension d'extinction de décharges partielles (paragraphe 3.4.1);
- c) rapport de réponse (paragraphe 3.3.2) et sensibilité (paragraphe 3.3.3).

3.1.2 Objet

L'objet des essais individuels est la détermination de la tension d'extinction de décharges partielles avec une sensibilité donnée; l'objet des essais de type est la détermination de l'amplitude de décharge sous une tension spécifiée.

Dans tous les cas, la grandeur à mesurer (voir la Publication 270 de la C E I, paragraphe 6.1) est la charge apparente, q .

3.2 Appareillage d'essai

3.2.1 Matériel

Le matériel est constitué par une source haute tension ayant une puissance, en kilovoltampères, correspondant à la longueur du câble en essai, par un voltmètre haute tension, un dispositif de mesure de décharges partielles et un dispositif d'étalonnage de décharges. Tous les composants de l'appareillage d'essai doivent avoir un niveau de bruit suffisamment faible pour arriver à la sensibilité voulue.

2.3 *Pre-conditioning*

All the tests shall be carried out not less than 16 h after the extrusion or vulcanization (or cross-linking), if any, of the insulating or sheathing compounds.

2.4 *Test temperature*

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

2.5 *Median value*

When several test results have been obtained and ordered in an increasing or decreasing succession, the median value is the middle value if the number of available values is odd, and is the mean of the two middle values if the number is even.

2.6 *Test voltage*

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

The values quoted are r.m.s. values.

SECTION TWO—TEST METHODS

3. **Partial discharge tests**

3.1 *Definitions and purpose*

3.1.1 *Definitions*

For the purpose of this method, the definitions given in IEC Publication 270, Partial Discharge Measurements, apply.

The following definitions are of particular relevance:

- a) apparent charge, q , or discharge magnitude (Sub-clause 3.3.1);
- b) partial discharge extinction voltage (Sub-clause 3.4.1);
- c) response ratio (Sub-clause 3.3.2) and sensitivity (Sub-clause 3.3.3).

3.1.2 *Purpose of the tests*

The purpose of the routine tests is to determine the partial discharge extinction voltage with a given sensitivity; the purpose of the type tests is to determine the discharge magnitude at a specified voltage.

In all cases, the quantity to be measured (see IEC Publication 270, Sub-clause 6.1) is the apparent charge, q .

3.2 *Test apparatus*

3.2.1 *Equipment*

The equipment consists of a high-voltage power supply having a kilovolt-ampere capacity adequate for the length of cable under test, a voltmeter for high voltages, a partial discharge measuring device and a discharge calibrator. All components of the test equipment shall have a sufficiently low noise level to achieve the required sensitivity.

3.2.2 Circuit d'essai et instruments

Le dispositif de mesures des décharges partielles se compose d'un circuit d'essai (voir la Publication 270 de la CEI), d'un oscilloscope et, si nécessaire, d'un appareil indicateur, associés à un équipement amplificateur approprié pour indiquer l'existence de décharges partielles et déceler les impulsions des décharges individuelles.

3.3 Etalonnage et contrôle

3.3.1 Méthode d'étalonnage

La méthode du « transfert de charge » doit être utilisée pour l'étalonnage conformément au paragraphe 5.2.1 de la Publication 270 de la CEI. On trouvera d'autres renseignements sur l'utilisation des appareils d'étalonnage de décharge dans le Rapport 1968-2101 de la CIGRE, annexe III. Dans cette méthode, on branche directement un dispositif d'étalonnage de décharge aux bornes d'une extrémité du câble en essai pour injecter des charges prédéterminées dans l'objet soumis à l'essai.

La quantité d'électricité, q_{cal} , fournie par les décharges d'étalonnage est égale au produit de l'amplitude de l'impulsion d'étalonnage ΔU (en volts) par la capacité de couplage, C_{cal} , de l'appareil d'étalonnage (en farads) tant que cette capacité est faible comparativement à celle de l'objet soumis aux essais, C_x .

Les caractéristiques de l'impulsion d'étalonnage doivent être conformes au paragraphe 5.2.1 de la Publication 270 de la CEI et au Rapport 1968-2101 de la CIGRE, annexe III, section III.

3.3.2 Rapport de réponse

Le câble en essai étant relié au circuit de détection, on vérifie la sensibilité à la détection et à la réponse de l'appareil en injectant l'impulsion d'étalonnage à une extrémité du câble, puis à l'autre. On prend la plus faible de ces deux réponses comme réponse globale pour déterminer le rapport de réponse k (où k est le nombre de picocoulombs de l'impulsion d'étalonnage par millimètre d'amplitude sur l'écran de l'oscilloscope ou rapport du nombre de picocoulombs (pC) de l'impulsion d'étalonnage à celui indiqué par le picocoulomb-mètre).

3.3.3 Sensibilité

a) La sensibilité du circuit d'essai (avec les instruments donnés) est définie comme la plus petite impulsion de décharge, q_{min} , (en picocoulombs) qui puisse être décelée en présence du bruit de fond.

Pour être décelable, une impulsion de décharge doit avoir une amplitude au moins double de celle du bruit apparent, h_n (h_n est l'amplitude du bruit en millimètres si on emploie un oscilloscope, ou la déviation du bruit en picocoulombs si on utilise un picocoulomb-mètre).

Par conséquent, $q_{min} = 2 k \cdot h_n$ (pC).

b) Dans le cas des essais individuels, la sensibilité sera égale à 20 pC au plus pour les isolants au polyéthylène (PE), polyéthylène réticulé (PRC), caoutchouc d'éthylène-propylène (EPR), caoutchouc butyle (butyle) et 40 pC au plus pour le polychlorure de vinyle (p.v.c.).

Dans le cas des essais de type, la sensibilité sera égale à 5 pC au plus pour tous les isolants.

3.3.4 Mesures particulières pour les grandes longueurs de câbles

Sur les grandes longueurs de câbles (plus de 100 m), on doit prendre des mesures particulières pour éviter les erreurs provoquées par la superposition des ondes progressives (voir le Rapport 1968-2101 de la CIGRE, annexe IV).

3.2.2 Test circuit and instruments

The partial discharge measuring device consists of a test circuit (see IEC Publication 270), an oscilloscope and, if desired, an indicating instrument, in conjunction with suitable amplifying equipment to indicate the existence of partial discharges and to detect individual discharge pulses.

3.3 Calibration and checking

3.3.1 Calibration method

The “charge transfer” method of calibration shall be used in accordance with Sub-clause 5.2.1 of IEC Publication 270. Further guidance for the use of discharge calibrators is found in CIGRE Report 1968-2101, Appendix III. In this method, a calibration device is connected directly across one end of the cable under test to inject predetermined charges into the test object.

The calibration discharge, q_{cal} , is equal to the product of the calibration pulse amplitude ΔU (in volts) and the coupling capacitance, C_{cal} , of the calibrator (in farads) as long as this capacitance is small compared with the capacitance of the test object, C_x .

The characteristics of the calibrating pulse shall conform to Sub-clause 5.2.1 of IEC Publication 270 and CIGRE Report 1968-2101, Appendix III, Section III.

3.3.2 Response ratio

With the cable under test connected to the detection circuit, the detection response sensitivity of the apparatus shall be checked with the calibrating pulse injected first at one end of the cable and then at the other. The lowest response in these two cases is taken as the overall response to establish the response ratio k (where k is the number of picocoulombs of the calibrating pulse per millimetre deflection on an oscilloscope screen, or the ratio of picocoulombs of the calibrating pulse to the deflection in picocoulombs (pC) of a picocoulomb-meter).

3.3.3 Sensitivity

a) The sensitivity of the test circuit (with the given instruments) is defined as the minimum detectable discharge pulse, q_{min} , (in picocoulombs) that can be seen in the presence of background noise.

In order to be detectable, a discharge pulse shall be at least twice the apparent noise height, h_n (h_n is the noise magnitude in millimetres if an oscilloscope is used, or the noise deflection in picocoulombs if a picocoulomb-meter is used).

Therefore, $q_{\text{min}} = 2k \cdot h_n$ (pC).

b) For routine tests, the sensitivity shall be 20 pC or less for polyethylene (PE), cross-linked polyethylene (XLPE), ethylene-propylene rubber (EPR), butyl rubber (Butyl) and 40 pC or less for polyvinyl chloride (p.v.c.).

For type tests, the sensitivity shall be 5 pC or less for all materials.

3.3.4 Particular provisions for long lengths of cable

On long lengths of cable (greater than 100 m), particular provisions are necessary to prevent errors caused by the superposition of travelling waves (see CIGRE Report 1968-2101, Appendix IV).

3.3.5 Condensateurs et signaux d'étalonnage

A moins que le condensateur d'étalonnage ne soit calculé pour être utilisé sous les tensions d'essais prévues, il est nécessaire que le circuit d'étalonnage primaire soit débranché avant que l'on alimente le transformateur d'essai haute tension. On ne doit pas modifier le gain de l'amplificateur après cette opération, à moins qu'on n'ait prévu des moyens pour afficher continuellement un signal d'étalonnage au cours de l'essai.

Les moyens à cet effet peuvent être les suivants:

a) le condensateur d'étalonnage peut être prévu pour la tension totale d'essai et faire partie du circuit d'étalonnage primaire qui n'a pas, dans ce cas, à être débranché avant que l'on alimente le transformateur d'essai haute tension, ou

b) on peut utiliser un dispositif d'étalonnage secondaire additionnel. Ce dispositif est relié à l'entrée du détecteur. Dans ce cas, on doit préétalonner l'amplitude de la réponse à l'impulsion secondaire en prenant comme base le circuit d'étalonnage primaire avant de débrancher ce dernier circuit et d'alimenter le transformateur d'essai haute tension, conformément au Rapport 1968-2101 de la CIGRE, annexe III, section I, paragraphe 1.2.

3.4 Mode opératoire et prescriptions d'essais

3.4.1 Mode opératoire

Pour les essais individuels et les essais de type, la tension d'essai doit être appliquée entre l'âme conductrice et l'écran, montée à $1,5 U_0$ ($1,5 U_0 = 1,2 \times 1,25 U_0$) et maintenue à cette valeur pendant 1 min au plus (U_0 étant la tension nominale du câble).

Réduire alors lentement la tension d'essai à $1,25 U_0$ et mesurer l'amplitude des décharges.

Pour les tensions nominales des câbles prévues par cette norme, les tensions d'essais de référence (en kilovolts efficaces) sont données dans le tableau suivant:

Tensions nominales U_0/U	3,6/6	6/10	8,7/15	12/20	18/30
Tension de référence	5,4	9,0	13,0	18,0	27,0
	4,5	7,5	11,0	15,0	22,5

Si l'amplitude des décharges partielles à $1,5 U_0$ dépasse 20 pC pour le PE, le PRC, l'EPR ou le butyle, ou 40 pC pour le p.v.c., on note la tension, en dessous de laquelle l'amplitude des décharges est plus faible que celle imposée pour le matériau. Cette mesure est effectuée lorsque la tension décroît jusqu'à la valeur $1,25 U_0$; cette valeur de tension est considérée comme la tension d'extinction des décharges partielles.

4. Mesure des épaisseurs et des diamètres

4.1 Mesure des épaisseurs des enveloppes isolantes

4.1.1 Généralités

La mesure de l'épaisseur de l'enveloppe isolante peut être prescrite à titre d'essai individuel ou comme une opération dans la procédure d'exécution d'autres essais, comme la détermination des caractéristiques mécaniques.

Dans chaque cas, les échantillons doivent être prélevés en utilisant les méthodes indiquées dans la norme particulière au type de câble considéré.

4.1.2 Matériel de mesure

Microscope de mesure permettant des lectures d'une précision de 0,01 mm, sauf dans le cas des enveloppes isolantes d'épaisseur inférieure à 0,5 mm, où la lecture doit permettre d'estimer la troisième décimale.

3.3.5 Calibrating capacitors and calibrating signals

Unless the calibrating capacitor is rated for use at the test voltages involved, it is necessary for the primary calibration circuit to be disconnected before the high-voltage test transformer is energized. The amplifier gain shall not be readjusted after this has been done, unless a means is provided for a continuous display of a suitable calibrating signal throughout the test.

Such a means may be as follows:

- a) the calibrating capacitor may be full-voltage rated and may form part of the primary calibration circuit which need not, in this case, be disconnected before the high-voltage test transformer is energized, or
- b) a secondary calibrator can be used additionally. This calibrator is connected to the input of the detector. In this case, the amplitude of the secondary pulse response shall be pre-calibrated against the primary calibrating circuit before the latter circuit is disconnected and the high-voltage test transformer is energized, in accordance with CIGRE Report 1968-2101, Appendix III, Section I, Sub-clause 1.2.

3.4 Test procedure and requirements

3.4.1 Procedure

Both for routine and type tests, the test voltage shall be applied between conductor and screen and shall be raised to and held at $1.5 U_0$ ($1.5 U_0 = 1.2 \times 1.25 U_0$) for not more than 1 min (where U_0 is the rated voltage of the cable).

The test voltage shall then be slowly reduced to $1.25 U_0$, and the discharge magnitude measured.

For the standard rated voltages of the cables considered in this standard, the reference test voltages are given in the following table (in kilovolts r.m.s.):

Rated voltages U_0/U		3.6/6	6/10	8.7/15	12/20	18/30
Reference voltage	for $1.5 U_0$	5.4	9.0	13.0	18.0	27.0
	for $1.25 U_0$	4.5	7.5	11.0	15.0	22.5

If the partial discharge magnitude at $1.5 U_0$ exceeds 20 pC for PE, XLPE, EPR or Butyl, or 40 pC for p.v.c., the voltage shall be recorded, at which the discharge magnitude first drops to or below 20 pC or 40 pC, as appropriate for the insulating material. This measurement is made as the voltage is reduced to $1.25 U_0$ and is known as the partial discharge extinction voltage.

4. Measurement of thicknesses and diameters

4.1 Measurement of thicknesses of the insulating walls

4.1.1 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.

In each case, the methods of selection of samples shall be in accordance with the relevant cable standard.

4.1.2 Measuring equipment

A measuring microscope allowing a reading of 0.01 mm and an estimated reading to three decimal places when measuring insulation with a thickness less than 0.5 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 de mesure par microscope de mesure.

4.1.3 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.

4.1.4 Méthode de mesure

L'éprouvette doit être placée sur la platine de l'appareil de mesure, le plan de coupe étant normal à l'axe optique.

a) 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 de conducteurs sectoriaux, les six mesures doivent être effectuées comme représenté à la figure 1, page 98.

b) Si l'enveloppe isolante est prélevée sur une âme câblée, on effectue les six mesures radiales dans les positions où l'enveloppe isolante est la plus mince, c'est-à-dire entre les crêtes provoquées par les brins de l'âme comme représenté à la figure 2, page 98.

c) Si le profil extérieur est de forme irrégulière, le fil transversal du réticule doit être placé comme représenté à la figure 3, page 98.

d) Si des couches semi-conductrices internes et (ou) externes ne peuvent être séparées de l'enveloppe isolante, on effectue les mesures sans inclure l'épaisseur de ces couches.

e) Pour les câbles souples méplats, on effectue les mesures conformément à la figure 6, page 98.

Dans tous les cas, la première mesure doit être effectuée au point où l'enveloppe isolante est la plus mince.

Les lectures doivent être effectuées, en millimètres, à la deuxième décimale si l'épaisseur de l'enveloppe isolante est de 0,5 mm ou au-dessus. Pour les épaisseurs de l'enveloppe isolante inférieures à 0,5 mm, les lectures doivent être effectuées à la troisième décimale.

4.1.5 Evaluation des résultats de mesures

Les résultats à obtenir sont définis dans la norme particulière au type de câble considéré.

Dans le cas d'essais mécaniques, la « valeur moyenne de l'épaisseur, δ » de chaque éprouvette (voir le paragraphe 5.1.4a)) doit être calculée à partir des six résultats de mesure obtenus sur cette éprouvette.

4.2 Mesure de l'épaisseur des gaines non métalliques

4.2.1 Généralités

La mesure de l'épaisseur de la gaine peut être prescrite à titre d'essai individuel ou comme une opération dans la procédure d'exécution d'autres essais, comme la détermination des caractéristiques mécaniques.

La méthode d'essai s'applique à la mesure de toutes les gaines pour lesquelles des limites d'épaisseur sont prescrites, comme les gaines de séparation, ainsi que les gaines extérieures.

Dans chaque cas, les échantillons doivent être prélevés en utilisant les méthodes indiquées dans la norme particulière au type de câble considéré.

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

4.1.3 Preparation of test pieces

Any covering shall be removed from the insulation and the conductor shall be 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.

4.1.4 Measuring procedure

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

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

For sector-shaped cores, the six measurements shall be made as shown in Figure 1, page 98.

b) When the insulation is taken from a stranded conductor, six measurements are to be made radially in the positions where the insulation is thinnest, i.e. between the ridges caused by strands, as shown in Figure 2, page 98.

c) When the outer profile shows unevenness, the cross-wire of the microscope shall be adjusted as shown in Figure 3, page 98.

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

e) Flat cords shall be measured according to Figure 6, page 98.

In all cases, the first measurement shall be made at the place where the insulation is thinnest.

The readings shall be made, in millimetres, to two decimal places if the thickness of insulation is 0.5 mm or above and to three decimal places if the thickness of insulation is less than 0.5 mm.

4.1.5 Evaluation of the measurement results

As specified in the test requirements of the relevant cable standard.

In the case of mechanical tests, the “mean value of the thickness, δ ” of each test piece (see Sub-clause 5.1.4a)) shall be calculated from the six measurement results obtained on that test piece.

4.2 Measurement of thickness of non-metallic sheaths

4.2.1 General

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

The test method applies to the measurement of all sheaths for which thickness limits are specified, e.g. separation sheaths, as well as external sheaths.

In each case, the method of selecting samples shall be in accordance with the relevant cable standard.

4.2.2 Matériel de mesure

(Voir le paragraphe 4.1.2).

4.2.3 Préparation des éprouvettes

Après avoir retiré tous les matériaux 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 de coupe sont soigneusement égalisées.

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.

4.2.4 Méthode de mesure

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

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

b) Si le profil intérieur pratiquement circulaire n'est ni régulier ni lisse, on procède à six mesures radiales dans les positions où la gaine est la plus mince, le fil transversal du réticule étant placé comme dans l'exemple représenté à la figure 4, page 98.

c) 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 conducteurs comme représenté à la figure 5, page 98.

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

Les lectures doivent être effectuées en millimètres à la deuxième décimale.

4.2.5 Evaluation des résultats de mesure

Les résultats à obtenir sont définis dans la norme particulière au type de câble considéré.

Dans le cas des essais mécaniques, la « valeur moyenne de l'épaisseur, δ » de chaque éprouvette (voir le paragraphe 5.2.4a)1) doit être calculée à partir de tous les résultats de mesure obtenus sur cette éprouvette.

4.3 Mesure des diamètres

4.3.1 Généralités

La mesure des diamètres extérieurs sur les enveloppes isolantes ou les gaines peut être prescrite à titre d'essai individuel ou comme une opération dans la procédure d'exécution d'autres essais. On utilise généralement les méthodes décrites au paragraphe 4.3.2 ci-dessous, sauf dans les cas où un essai particulier prescrit l'emploi d'une méthode différente ou comme variante.

4.3.2 Mode opératoire

a) Pour les diamètres ne dépassant pas 15 mm: utiliser le microscope ou le projecteur de mesure en opérant sur la même tranche mince que celle utilisée pour la mesure des épaisseurs, décrite à l'article 4 (voir les paragraphes 4.1.4 et 4.2.4).

Pour les mesures faites dans le cas des essais individuels, il est possible d'utiliser un micromètre à cadran ou un pied à coulisse en limitant la pression.

4.2.2 *Measuring equipment*

(See Sub-clause 4.1.2).

4.2.3 *Preparation of test pieces*

After all materials, if any, inside and outside the sheath have been removed, each test piece shall be 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 shall be 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.

4.2.4 *Measuring procedure*

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

a) 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.

b) If the inner substantially circular surface is not regular or smooth, the six measurements shall be made radially in the positions where the sheath is thinnest placing the cross-wire of the microscope as shown for example in Figure 4, page 98.

c) 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 the bottom of the grooves caused by the cores, as shown in Figure 5, page 98.

d) In all cases, the first measurement shall be made at the place where the sheath appears to be thinnest.

The readings shall be made in millimetres to two decimal places.

4.2.5 *Evaluation of the measurement results*

As specified in the test requirements of the relevant cable standard.

In the case of mechanical tests, the “mean value of the thickness, δ ” of each test piece (see Sub-clause 5.2.4a)1) shall be calculated from all measurement results obtained on that test piece.

4.3 *Measurement of diameters*

4.3.1 *General*

The measurement of the diameters over the insulation of cores or over the sheath may be required as individual tests or as steps in the procedure for carrying out other tests. The methods in Sub-clause 4.3.2 below are for general use except where the procedure for a particular test specifies a different or alternative method.

4.3.2 *Measuring procedure*

a) For diameters up to and including 15 mm: the microscope or projector method shall be used on the same thin slice used for the measurement of the thicknesses, as described in Clause 4 (see Sub-clauses 4.1.4 and 4.2.4).

For measurements made in the course of routine tests, it is permissible to use a dial micrometer or a vernier calliper, care being taken to limit the pressure.

b) Pour les diamètres supérieurs à 15 mm: utiliser un mètre-ruban en opérant sur chaque éprouvette.

Sauf spécification contraire dans la norme particulière au type de câble considéré, les lectures doivent être faites avec deux décimales pour les diamètres égaux et inférieurs à 15 mm et une décimale pour les diamètres supérieurs à 15 mm.

5. Détermination des propriétés mécaniques des mélanges pour enveloppes isolantes et gaines

5.1 Mélanges pour enveloppes isolantes

5.1.1 Généralités

Les essais consistent à déterminer la résistance à la traction et l'allongement à la rupture des matériaux isolants (à l'exclusion des revêtements semi-conducteurs) prélevés sur des tronçons de câble, dans les conditions suivantes:

- a) à l'état de réception (c'est-à-dire sans traitement de vieillissement);
- b) après un traitement de vieillissement accéléré;
- c) après un autre traitement de vieillissement, différent de b), si nécessaire.

Les essais de traction et d'allongement à la rupture sont effectués sur les éprouvettes non vieilles en même temps que sur les éprouvettes vieilles.

5.1.2 Echantillonnage

a) Trois échantillons de chaque conducteur isolé à essayer sont prélevés, chacun étant espacé d'au moins 1 m des deux autres. *Les conducteurs isolés des câbles souples méplats ne sont pas séparés.* Chaque échantillon, d'au moins 600 mm de longueur, doit être coupé en six tronçons ayant chacun une longueur d'environ 100 mm. Deux des tronçons doivent être utilisés pour chacun des essais a), b) et c), de sorte qu'il y ait six tronçons de conducteur isolé pour chacun de ces essais.

S'il est possible de prélever deux éprouvettes d'essais sur la circonférence du conducteur isolé, l'échantillon doit avoir 400 mm de longueur et doit être coupé en quatre tronçons (de 100 mm de longueur environ chacun).

b) Si les échantillons de conducteurs isolés sont prélevés en trois points x, y et z, leurs petits tronçons seront marqués consécutivement:

$X_0, X_1, X_2, X_3, X_4, X_5$

$Y_0, Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5$

$Z_0, Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5$

Dans le cas de deux éprouvettes prélevées sur la circonférence du conducteur isolé, le numérotage est le suivant pour le point x:

X_0	X_1	X_4	X_5
	X_2	X_3	

Le mode opératoire doit être le même pour les petits tronçons prélevés aux points y et z.

c) S'il n'est pas prescrit un deuxième traitement de vieillissement, chaque échantillon d'au moins 400 mm de longueur doit être coupé en quatre petits tronçons numérotés de 1 à 4.

d) Le numérotage des petits tronçons, et des éprouvettes qui seront préparées à partir de ces tronçons, doit correspondre à leurs emplacements d'origine sur l'échantillon de conducteur isolé.

e) On prépare toutes les éprouvettes selon le paragraphe 5.1.3.

- b) For diameters exceeding 15 mm: a measuring tape shall be used on each test piece.

Unless otherwise specified in the relevant cable standard, the readings shall be made to two decimal places for diameters up to and including 15 mm, and to one decimal place for diameters exceeding 15 mm.

5. Tests for determining the mechanical properties of insulating and sheathing compounds

5.1 Insulating compounds

5.1.1 General

The tests shall determine the tensile strength and elongation-at-break of the insulating material (exclusive of semi-conductive layers) taken from pieces of cable in the following conditions:

- a) as received (i.e. without any ageing treatment);
- b) after an accelerated ageing treatment;
- c) after another ageing treatment, different from b), if required.

The test of tensile strength and elongation-at-break with the unaged pieces shall be made at the same time as the test with the aged pieces.

5.1.2 Sampling

- a) Three samples of each core to be tested shall be taken each not less than 1 m from the other two. *The cores of flat cords shall not be separated.* Each sample, at least 600 mm long, shall be cut into six pieces, the length of each piece being about 100 mm. Two of these shall be used for each of the tests a), b) and c), so that six small pieces of insulated core are provided for each of these tests.

If it is possible to take two test pieces from the circumference of the core, the sample shall be at least 400 mm long and shall be cut into four pieces (each about 100 mm long).

- b) If the samples of core are taken from the three places x, y and z, the small core pieces shall be marked consecutively:

$X_0, X_1, X_2, X_3, X_4, X_5$

$Y_0, Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5$

$Z_0, Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5$

When two test pieces are to be taken from the circumference of the core, the numbering for place x shall be:

	X_1	X_4	
X_0	X_2	X_3	X_5

The procedure shall be similar for the small pieces taken from y and z.

- c) If a second ageing treatment is not required, each sample, at least 400 mm long, shall be cut into four small pieces and numbered 1 to 4.
- d) The numbering of the small pieces, and of the test pieces which will be prepared therefrom, shall correspond to their original places in the sample of core.
- e) All the test pieces shall be subjected to the preparation described in Sub-clause 5.1.3.

f) Les éprouvettes numérotées 1 et 3 doivent être soumises à la détermination de la section selon le paragraphe 5.1.4, puis au conditionnement et à l'essai de résistance à la traction des paragraphes 5.1.6, 5.1.7 et 5.1.8, sans traitement de vieillissement préalable; les éprouvettes 2 et 4 doivent être soumises au traitement de vieillissement décrit au paragraphe 5.1.5, puis à la détermination de la section selon le paragraphe 5.1.4, et enfin au conditionnement et à l'essai de résistance à la traction selon les paragraphes 5.1.6, 5.1.7 et 5.1.8; les éprouvettes 0 et 5 doivent être soumises à l'essai de résistance à la traction après un autre traitement de vieillissement, si nécessaire.

5.1.3 Préparation des éprouvettes

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

Les éprouvettes plates en forme d'haltère doivent être utilisées chaque fois que cela est possible.

Les éprouvettes tubulaires ne peuvent pas être utilisées lorsqu'il y a une couche semi-conductrice adhérente à la surface interne de l'enveloppe isolante.

Les éprouvettes tubulaires ne doivent être utilisées que pour les conducteurs isolés dont le diamètre est si petit qu'il est impossible de découper des éprouvettes en forme d'haltère.

a) Eprouvettes tubulaires

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

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

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

b) Eprouvettes plates en forme d'haltère

L'enveloppe isolante doit être fendue parallèlement à l'axe et on retire l'âme.

On enlève les couches semi-conductrices, placées éventuellement à l'intérieur ou (et) à l'extérieur des tronçons d'isolant, par un procédé mécanique, c'est-à-dire sans utiliser de solvant.

On meule ou on coupe l'enveloppe isolante afin d'obtenir deux faces parallèles entre les traits de repère mentionnés ci-dessous; en veillant à éviter un échauffement excessif lors du meulage. Après le meulage ou la coupe, l'épaisseur des éprouvettes ne doit pas être inférieure à 0,8 mm, ni supérieure à 2,0 mm.

La coupe est la seule méthode permise pour les isolations au PE.

Après cette opération, on découpe une éprouvette plate en forme d'haltère au moyen d'un poinçon dont l'empreinte est conforme à la figure 7, page 99, ou, si possible, deux éprouvettes en forme d'haltère placées côte à côte.

Si le diamètre du conducteur isolé est trop petit, on découpe une éprouvette plate en forme d'haltère au moyen d'un poinçon dont la forme doit être conforme à la figure 8, page 99.

On délimite une longueur de 20 mm à l'aide de deux traits de repère tracés sur la partie centrale de chaque éprouvette en forme d'haltère comme indiqué à la figure 7, aussitôt avant l'essai de traction; sur la petite éprouvette en forme d'haltère de la figure 8, la distance entre les deux traits de repère doit être de 10 mm.

5.1.4 Détermination de la section de l'enveloppe isolante

a) Section de l'éprouvette tubulaire (voir le paragraphe 5.1.3a))

La section A , en millimètres carrés, de l'isolation de chacune des éprouvettes préparées doit être déterminée par l'une des méthodes suivantes:

f) The test pieces numbered 1 and 3 shall be subjected to the determination of the cross-sectional area specified in Sub-clause 5.1.4 and to the conditioning and tensile test specified in Sub-clauses 5.1.6, 5.1.7 and 5.1.8 without an ageing treatment; 2 and 4 shall be subjected to the ageing test in Sub-clause 5.1.5 and after that to the determination of the cross-sectional area specified in Sub-clause 5.1.4 and to the conditioning and tensile test specified in Sub-clauses 5.1.6, 5.1.7 and 5.1.8; 0 and 5 shall be subjected to the tensile test after another ageing treatment if required.

5.1.3 Preparation of test pieces

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

The dumb-bell shall be used whenever possible.

Tubular test pieces cannot be used when there is a semiconducting layer bonded to the inner surface of the insulating wall.

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

a) Tubular test pieces

A tube not less than 100 mm long shall be 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 shall be marked by two lines, centrally on each test piece immediately before the tensile test.

b) 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 pieces shall be removed mechanically, i.e. without using a solvent.

The insulation shall be ground or cut so as to obtain two parallel surfaces between the marker lines mentioned below, care being taken to avoid undue heating. After grinding or cutting, the thickness of the test pieces shall be not less than 0.8 mm and not more than 2.0 mm.

Cutting is the only permitted method for PE insulations.

After this preparation, one dumb-bell test piece in accordance with Figure 7, page 99, shall be punched or, if possible, two dumb-bell test pieces shall be punched side by side.

When the diameter of the core is too small, one dumb-bell test piece in accordance with Figure 8, page 99, shall be punched.

A length of 20 mm shall be marked by two lines centrally on each dumb-bell test piece, as indicated in Figure 7, immediately before the tensile test; on the small dumb-bell test piece in Figure 8, the distance between the two marks shall be 10 mm.

5.1.4 Determination of cross-sectional area of insulation

a) Cross-sectional area of the tubular test piece (see Sub-clause 5.1.3a))

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

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

$$A = \pi (D - \delta) \delta$$

où:

δ = valeur moyenne de l'épaisseur de l'isolation en millimètres, déterminée comme indiqué dans la méthode d'essais de l'article 4, et arrondie à deux décimales (voir le paragraphe 4.1.5, dernier alinéa)

D = valeur moyenne du diamètre extérieur de l'éprouvette, en millimètres, déterminée comme indiqué dans la méthode d'essais de l'article 4 (paragraphe 4.3.2), et arrondie à deux décimales.

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

$$A = \frac{1\,000\,m}{d \times l}$$

où:

m = masse de l'élément d'isolation, en grammes, avec trois décimales

l = longueur, en millimètres, avec une décimale

d = masse volumique obtenue à partir d'un échantillon supplémentaire de la même enveloppe isolante, en grammes par centimètre cube, avec trois décimales

La masse volumique doit être mesurée sur le matériau avant vieillissement selon la méthode d'essais de l'article 11.

3. En cas de doute, on doit appliquer la méthode 2.

b) Section de l'éprouvette plate en forme d'haltère (voir le paragraphe 5.1.3b))

La section de chacune des éprouvettes en forme d'haltère doit être calculée à partir de la largeur et de la plus petite des trois mesures d'épaisseur effectuées au milieu de la bande (entre les traits de repère).

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 doivent être effectuées à l'aide d'un micromètre ou d'un instrument analogue dont la pression de contact ne dépasse pas 2 N/cm² pour le butyle et l'EPR, ni 7 N/cm² pour le p.v.c., le PE et le PRC. Les résultats doivent être exprimés en millimètres avec deux décimales.

5.1.5 Traitement de vieillissement pour les éprouvettes numérotées 2 et 4 (et 0 et 5, si nécessaire)

Les traitements de vieillissement thermique doivent être effectués selon la méthode d'essais de l'article 6 et dans les conditions définies par les prescriptions d'essais de la norme particulière au type de câble considéré.

5.1.6 Conditionnement des éprouvettes vieilles et non vieilles

Toutes les éprouvettes doivent être conservées à une température de 20 ± 5 °C, sauf pour le p.v.c. qui doit être conservé à 23 ± 2 °C, pendant au moins 3 h avant l'essai de traction.

5.1.7 Méthode d'essai pour déterminer les propriétés mécaniques des éprouvettes vieilles et non vieilles

a) Température d'essai

Les essais doivent être effectués à une température de 20 ± 5 °C et chaque essai doit être terminé dans les 5 min qui suivent la sortie de l'éprouvette de la chambre de conditionnement. Pour les enveloppes isolantes au p.v.c., l'essai doit être repris à 23 ± 2 °C en cas de doute.

b) Distance entre les mâchoires et vitesse d'écartement

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

1. From the dimensions of the section, in accordance with the formula:

$$A = \pi (D - \delta) \delta$$

where:

δ = mean value of the thickness of the insulation, in millimetres, determined as described in the test method in Clause 4, and rounded off to two decimal places (see Sub-clause 4.1.5, last paragraph).

D = mean value of the outer diameter of the test piece, in millimetres, determined as described in the test method in Clause 4 (Sub-clause 4.3.2), and rounded off to two decimal places.

2. From the density, the mass and the length, in accordance with the formula:

$$A = \frac{1\,000\,m}{d \times l}$$

where:

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

l = length, in millimetres, to one decimal place

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

The density shall be measured on material before ageing, by the test method specified in Clause 11.

3. In case of doubt, method 2 shall be used.

b) Cross-sectional area of the dumb-bell test piece (see Sub-clause 5.1.3b))

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).

In case of doubt, not only the thickness but also the width shall be measured at three points between the marker lines, 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 thus found shall be used for the calculation of the tensile strength.

The measurements shall be made by a micrometer or similar instrument producing a contact pressure not exceeding 2 N/cm² for Butyl and EPR, and not more than 7 N/cm² for p.v.c., PE and XLPE. Results shall be expressed in millimetres to two decimal places.

5.1.5 Ageing treatment for the test pieces numbered 2 and 4 (and, if required, 0 and 5)

The thermal ageing treatments shall be carried out in accordance with the test method in Clause 6 and with the conditions specified in the test requirements in the relevant cable standard.

5.1.6 Conditioning of the aged and unaged test pieces

All test pieces shall be kept for at least 3 h before the tensile test at a temperature of 20 ± 5 °C, except for p.v.c. insulation which shall be kept at 23 ± 2 °C.

5.1.7 Test procedure for mechanical properties of unaged and aged test pieces

a) Test temperature

The tests shall be carried out at a temperature of 20 ± 5 °C and each test shall be completed within 5 min of the removal of the test piece from the conditioning chamber. In case of doubt for p.v.c. insulation, the test shall be repeated at 23 ± 2 °C.

b) Distance between the grips and rate of separation

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

La longueur totale entre les mâchoires doit être voisine de:

- 34 mm pour les haltères représentés à la figure 8, page 99;
- 50 mm pour les haltères représentés à la figure 7, page 99;
- 50 mm pour les tubes essayés avec mâchoires autoserrantes;
- 85 mm pour les tubes essayés avec mâchoires non autoserrantes.

La vitesse d'écartement doit être de 250 ± 50 mm/min dans tous les cas, sauf pour le polyéthylène de masse volumique supérieure à $0,925$ g/cm³ à 23 °C.

En cas de doute, la vitesse d'écartement des mâchoires doit être telle que l'allongement de l'éprouvette entre les traits de repère soit de 600 %/min.

Pour le polyéthylène de masse volumique supérieure à $0,925$ g/cm³ à 23 °C, la vitesse d'écartement doit être de 25 ± 5 mm/min.

Si la masse volumique d'un composé polyéthylénique à base d'un polymère ayant une masse volumique au plus égale à $0,925$ g/cm³ à 23 °C dépasse cette valeur par suite de l'addition de charges, le fabricant peut effectuer l'essai, s'il le désire, à la vitesse d'écartement plus élevée.

c) Mesures

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

L'allongement doit être déterminé par mesure de la distance entre les deux traits de repère à la rupture.

On ne doit pas tenir 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.

5.1.8 Expression des résultats

Pour le calcul de la résistance à la traction, on rapporte toutes les charges de rupture à la section de l'éprouvette non étirée. On prend comme valeur de la résistance à la traction et d'allongement à la rupture les médianes des valeurs obtenues pour ces deux caractéristiques.

5.2 Mélanges pour gaines

5.2.1 Généralités

Les essais consistent à déterminer la résistance à la traction et l'allongement à la rupture du matériau constituant les gaines prélevées sur des tronçons de câble dans les conditions suivantes:

- a) à l'état de réception (c'est-à-dire sans traitement de vieillissement);
- b) après un traitement de vieillissement accéléré;
- c) après un autre traitement de vieillissement, différent de b), si nécessaire.

Les essais de traction et d'allongement à la rupture sont effectués sur les éprouvettes non vieilles en même temps que sur les éprouvettes vieilles.

5.2.2 Echantillonnage

- a) Trois échantillons de câble rigide ou souple à essayer sont prélevés, chacun étant espacé d'au moins 1 m des deux autres. Chaque échantillon, d'au moins 600 mm de longueur, doit être coupé en six tronçons ayant chacun une longueur d'environ 100 mm. Deux des tronçons doivent être utilisés pour chacun des essais a), b) et c), de sorte que chacun de ces essais s'effectue sur six petits tronçons de câble.

S'il est possible de prélever deux éprouvettes sur la circonférence de la gaine, l'échantillon doit avoir 400 mm de longueur et doit être coupé en quatre petits tronçons (de 100 mm de longueur environ chacun).

- b) Si les échantillons de câbles sont prélevés en trois points x, y et z, leurs petits tronçons seront marqués consécutivement:

X₀, X₁, X₂, X₃, X₄, X₅

Y₀, Y₁, Y₂, Y₃, Y₄, Y₅

Z₀, Z₁, Z₂, Z₃, Z₄, Z₅

The total length between the grips shall be about:

- 34 mm for dumb-bells illustrated in Figure 8, page 99;
- 50 mm for dumb-bells illustrated in Figure 7, page 99;
- 50 mm for tubes, if tested with self-tightening grips;
- 85 mm for tubes, if tested with non-self-tightening grips.

The rate of separation, except for polyethylene of a density higher than 0.925 g/cm³ at 23 °C, shall be 250 ± 50 mm/min in all cases.

In case of doubt, the separation of the grips shall be such that the relative rate of elongation of the test piece between the marker lines is about 600%/min.

For polyethylene of a density higher than 0.925 g/cm³ at 23 °C, the rate of separation shall be 25 ± 5 mm/min.

Should the density of a polyethylene compound based on a polymer having a density equal to or less than 0.925 g/cm³ at 23 °C exceed this figure because of the addition of fillers, then the manufacturer may, at his discretion, test at the higher rate of separation.

c) Measurements

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

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

An unsatisfactory result due to any test piece breaking due to damage in the grips shall be ignored; in this case, at least four valid results shall be obtained in order to calculate the tensile strength and elongation at break; otherwise, the test shall be repeated.

5.1.8 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 values recorded as the tensile strength and elongation at break shall be the median values of the results for each property.

5.2 Sheathing compounds

5.2.1 General

The tests shall determine the tensile strength and elongation at break of sheathing material taken from pieces of cable in the following conditions:

- a) as received (i.e. without any ageing treatment);
- b) after an accelerated ageing treatment,
- c) after another ageing treatment, different from b), if required.

The test of tensile strength and elongation at break with the unaged pieces shall be made at the same time as the test with the aged pieces.

5.2.2 Sampling

a) Three samples of cable or cord to be tested shall be taken, each not less than 1 m away from the other two. Each sample, at least 600 mm long, shall be cut into six pieces, the length of each piece being about 100 mm. Two of these shall be used for each of the tests a), b) and c), so that six small pieces of cable are provided for each of these tests.

If it is possible to take two test pieces from the circumference of the sheath, the sample shall be 400 mm long and shall be cut into four small pieces each about 100 mm long.

b) If the samples of cable are taken from the three places x, y and z, the small core pieces shall be marked consecutively:

X₀, X₁, X₂, X₃, X₄, X₅
Y₀, Y₁, Y₂, Y₃, Y₄, Y₅
Z₀, Z₁, Z₂, Z₃, Z₄, Z₅

Dans le cas de deux éprouvettes prélevées sur la circonférence de la gaine, le numérotage est le suivant pour le point x :

X_0	X_1	X_4	X_5
	X_2	X_3	

Le mode opératoire doit être le même pour les petits tronçons prélevés aux points y et z.

c) S'il n'est pas prescrit un deuxième traitement de vieillissement, chaque échantillon d'au moins 400 mm de longueur doit être coupé en quatre petits tronçons numérotés de 1 à 4.

d) Le numérotage des petits tronçons, et des éprouvettes qui seront préparées à partir de ces tronçons, doit correspondre à leurs emplacements d'origine sur l'échantillon de câble.

e) On prépare toutes les éprouvettes selon le paragraphe 5.2.3.

f) Les éprouvettes numérotées 1 et 3 doivent être soumises à la détermination de la section selon le paragraphe 5.2.4, puis au conditionnement et à l'essai de résistance à la traction des paragraphes 5.2.6, 5.2.7 et 5.2.8, sans traitement de vieillissement préalable; les éprouvettes 2 et 4 doivent être soumises au traitement de vieillissement décrit au paragraphe 6.2.5; puis à la détermination de la section selon le paragraphe 5.2.4, et enfin au conditionnement et à l'essai de résistance à la traction selon les paragraphes 5.2.6, 5.2.7 et 5.2.8; les éprouvettes 0 et 5 doivent être soumises à l'essai de résistance à la traction après un autre traitement de vieillissement, si nécessaire.

5.2.3 Préparation des éprouvettes

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

Les éprouvettes plates en forme d'haltère doivent être utilisées chaque fois que cela est possible.

Les éprouvettes tubulaires ne doivent être utilisées que pour les câbles dont le diamètre est si petit qu'il est impossible de découper des éprouvettes en forme d'haltère.

a) *Éprouvettes tubulaires*

On prépare un tube d'au moins 100 mm de longueur en retirant tous les revêtements extérieurs, conducteurs, revêtements intérieurs et bourrages, etc., et en prenant soin de ne pas endommager la gaine.

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

b) *Éprouvettes plates en forme d'haltère*

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, en la fendant dans le sens des empreintes; on retire le (ou les) conducteur(s) isolé(s), les revêtements intérieurs, l'armure, etc., et les bourrages (s'il en existe).

Les gaines avec des empreintes et, si nécessaire, les gaines sans empreintes doivent être meulées ou coupées de manière à obtenir deux surfaces parallèles dans la partie comprise entre les traits de repère mentionnés ci-après, en veillant à éviter un échauffement excessif. Après le meulage ou la coupe, l'épaisseur des haltères ne doit pas être inférieure à 0,8 mm, ni supérieure à 2,0 mm.

La coupe est la seule méthode permise pour les gaines au PE.

Après cette préparation, on découpe un haltère conforme à la figure 7, page 99, ou à la figure 8, page 99, ou, si c'est possible, on découpe deux haltères côte à côte.

On délimite immédiatement avant l'essai de traction, par deux traits de repère, une longueur de 20 mm sur la partie centrale de chaque éprouvette en forme d'haltère conformément à la figure 7; une distance de 10 mm doit être marquée sur chaque éprouvette en forme d'haltère conformément à la figure 8.

When two test pieces are taken from the circumference of the sheath, the numbering for place x shall be:

X_0	X_1	X_4	X_5
	X_2	X_3	

The procedure shall be similar for the small pieces taken from y and z.

- c) If a second ageing treatment is not required, each sample, at least 400 mm long, shall be cut into four small pieces, and numbered 1 to 4.
- d) The numbering of the small pieces, and of the test pieces which will be prepared therefrom, shall correspond to their original places in the sample of cable.
- e) All the small pieces shall be subjected to the preparation according to Sub-clause 5.2.3.
- f) The test pieces numbered 1 and 3 shall be subjected to the determination of the cross-sectional area specified in Sub-clause 5.2.4 and to the conditioning and tensile test specified in Sub-clauses 5.2.6, 5.2.7, and 5.2.8 without an ageing treatment; 2 and 4 shall be subjected to the ageing test of Sub-clause 5.2.5 and after that to the determination of the cross-sectional area specified in Sub-clause 5.2.4 and the conditioning and tensile test specified in Sub-clauses 5.2.6, 5.2.7 and 5.2.8; 0 and 5 shall be subjected to the tensile test after another ageing treatment if this is required.

5.2.3 Preparation of test pieces

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

The dumb-bell shall be used whenever possible.

Tubular test pieces shall be used only when the cable is of such small size that it is not possible to prepare a dumb-bell test piece.

a) Tubular test pieces

A tube not less than 100 mm long shall be obtained by removal of all outer covering, core(s), inner covering and fillers, etc. (if any), care being taken not to damage the sheath.

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

b) Dumb-bell test pieces

After all outer coverings have been removed, the sheath shall be cut open in the direction of the axis of the cable or cord, or, if there are ridges caused by the cores, in the direction of the ridges; the core(s), inner covering, armour, etc., and fillers (if any) shall then be removed.

Sheaths with ridges and, if necessary, sheaths without ridges shall be ground or cut so as to obtain two parallel surfaces, between the marker lines mentioned below, care being taken to avoid undue heating. After grinding or cutting, the thickness of the pieces shall be not less than 0.8 mm and not more than 2.0 mm.

Cutting is the only permitted method for PE sheaths.

After this preparation, one dumb-bell in accordance with either Figure 7 or Figure 8, page 99, 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 shall be marked by two lines, centrally on each dumb-bell in accordance with Figure 7; a length of 10 mm shall be similarly marked on each dumb-bell in accordance with Figure 8.

5.2.4 Détermination de la section de la gaine

a) Section de l'éprouvette tubulaire (voir le paragraphe 5.2.3a))

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

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

$$A = \pi (D - \delta) \delta$$

où:

δ = valeur moyenne de l'épaisseur de la gaine, en millimètres, avec deux décimales, déterminée comme indiqué dans la méthode d'essais de l'article 4 (voir le paragraphe 4.2.5, dernier alinéa)

D = valeur moyenne du diamètre extérieur de la gaine, en millimètres, avec deux décimales, déterminée comme indiqué dans la méthode d'essais de l'article 4 (voir le paragraphe 4.3.2)

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

$$A = \frac{1\,000\,m}{d \times l}$$

où:

m = masse du tronçon de gaine, en grammes, avec trois décimales

l = longueur, en millimètres, avec une décimale

d = masse volumique obtenue à partir d'un échantillon supplémentaire de la même gaine, en grammes par centimètre cube, avec trois décimales, déterminée conformément à la méthode d'essais de l'article 11

La masse volumique doit être mesurée sur le matériau avant vieillissement.

3. Les méthodes 1 et 2 peuvent être utilisées avec les gaines sans empreintes, mais en cas de litige, on doit appliquer la méthode 2.

La section A , en millimètres carrés, d'une gaine avec empreintes doit être déterminée par la méthode 2.

b) Section de l'éprouvette plate en forme d'haltère (voir le paragraphe 5.2.3b))

La section des éprouvettes en forme d'haltère doit être déterminée par la méthode décrite au paragraphe 5.1.4b) de la même façon que pour les éprouvettes d'enveloppes isolantes, mais en utilisant un instrument exerçant une pression de contact ne dépassant pas 7 N/cm² pour tous les matériaux de gaines.

5.2.5 Traitement de vieillissement pour les éprouvettes numérotées 2 et 4 (et 0 et 5, si nécessaire)

Se conformer au paragraphe 5.1.5.

5.2.6 Conditionnement des éprouvettes vieilles et non vieilles

Se conformer au paragraphe 5.1.6.

5.2.7 Méthode d'essai

Se conformer au paragraphe 5.1.7.

5.2.8 Expression des résultats

Se conformer au paragraphe 5.1.8.

5.2.4 Determination of cross-sectional area of sheath

a) Cross-sectional area of the tubular test piece (see Sub-clause 5.2.3a))

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

1. From the dimensions of the section, in accordance with the formula:

$$A = \pi (D - \delta) \delta$$

where:

δ = mean value of the thickness of the sheath, in millimetres, to two decimal places, determined as described in the test method in Clause 4 (see Sub-clause 4.2.5, last paragraph)

D = mean value of the outer diameter of the sheath, in millimetres, to two decimal places, determined as described in the test method in Clause 4 (see Sub-clause 4.3.2)

2. From the density, the mass and the length, in accordance with the formula:

$$A = \frac{1\,000\,m}{d \times l}$$

where:

m = mass of the piece of sheath, in grams, to three decimal places

l = length, in millimetres, to one decimal place

d = density obtained from an additional sample of the same sheath, in grams per cubic centimetre, to three decimal places, determined as described in the test method in Clause 11

The density shall be measured on material before ageing.

3. Both methods 1 and 2 may be used for sheaths without ridges, but in case of dispute, method 2 shall be used.

For sheaths with ridges, the cross-sectional area A shall be determined by method 2.

b) Cross-sectional area of the dumb-bell test piece (see Sub-clause 5.2.3b))

The cross-sectional area of dumb-bell test pieces shall be determined in accordance with Sub-clause 5.1.4b), in the same way as for dumb-bells of insulation, but the contact pressure of the measuring instrument shall not exceed 7 N/cm² for all sheathing materials.

5.2.5 Ageing treatment for the test pieces numbered 2 and 4 (and, if required, 0 and 5)

In accordance with Sub-clause 5.1.5.

5.2.6 Conditioning of the aged and unaged test pieces

In accordance with Sub-clause 5.1.6.

5.2.7 Test procedure

In accordance with Sub-clause 5.1.7.

5.2.8 Expression of results

In accordance with Sub-clause 5.1.8.

6. Méthodes de vieillissement thermique

6.1 Vieillissement en étuve à air

6.1.1 Préambule

Un traitement de vieillissement en étuve à air peut être prescrit par une norme particulière de câble:

- a) sur éprouvettes préparées (voir le paragraphe 6.1.3);
- b) sur tronçons de câbles terminés (voir le paragraphe 6.1.4);
- c) pour l'essai de perte de masse (voir la méthode d'essais de l'article 7).

Quand cela est possible, on peut effectuer sur les mêmes éprouvettes l'essai de vieillissement a) et l'essai de perte de masse c).

6.1.2 Matériel

Etuve à air chaud avec circulation d'air, naturelle ou sous pression. L'air doit entrer dans l'étuve de telle façon qu'il passe sur la surface des échantillons et qu'il sorte de l'étuve au voisinage de son sommet. L'air contenu dans l'étuve doit être renouvelé complètement au moins 8 fois et au plus 20 fois par heure à la température de vieillissement prescrite.

Le paragraphe 6.4 donne deux méthodes de mesure du débit d'air circulant dans une étuve.

L'emploi d'un ventilateur à l'intérieur de l'étuve est prohibé.

6.1.3 Mode opératoire pour éprouvettes préparées

On procède à un essai de vieillissement accéléré dans une atmosphère ayant la composition et la pression de l'air ambiant.

- a) Avant de les mettre en étuve, on prépare les éprouvettes comme indiqué aux paragraphes 5.1.3a) et b).
- b) Les éprouvettes doivent être maintenues dans l'étuve à air chaud à la température et pendant la durée prescrites pour le matériau dans la norme particulière au type de câble considéré.
- c) Des mélanges de compositions nettement différentes ne doivent pas être essayés simultanément.

Les éprouvettes doivent être suspendues verticalement et pratiquement au milieu de l'étuve, chaque pièce étant séparée de toute autre pièce d'au moins 20 mm.

Les éprouvettes ne doivent pas occuper plus de 0,5 % du volume de l'étuve.

- d) Aussitôt après la période de vieillissement, on retire les éprouvettes de l'étuve et on les laisse, pendant au moins 16 h, à la température ambiante, en évitant la lumière solaire directe.

6.1.4 Mode opératoire pour tronçons de câbles complets

- a) Trois petits tronçons de câble complet, d'environ 200 mm de longueur, sont prélevés chacun à 100 mm au moins des deux autres. Ils sont mis dans l'étuve à air chaud (voir le paragraphe 6.1.2) et maintenus à la température et pendant la durée prescrites dans la norme particulière au type de câble considéré.

- b) Les tronçons de câble ne doivent pas occuper plus de 2 % du volume de l'étuve. Ils doivent être suspendus verticalement et pratiquement au milieu de l'étuve, chacun étant séparé de tout autre tronçon d'au moins 20 mm.

- c) Aussitôt après la période de vieillissement, on retire les tronçons de l'étuve et on les laisse pendant au moins 16 h, à la température ambiante, en évitant la lumière solaire directe.

- d) Ensuite, les trois tronçons de câble marqués x', y' et z' sont séparés en gaines et conducteurs isolés pour la préparation des éprouvettes de la manière suivante:

6. Thermal ageing methods

6.1 Ageing in an air oven

6.1.1 General

An ageing treatment in an air oven may be required by the relevant cable standard:

- a) for prepared test pieces (see Sub-clause 6.1.3);
- b) for pieces of completed cables (see Sub-clause 6.1.4);
- c) for the loss of mass test (see test method in Clause 7).

If possible, the ageing test a) and the loss of mass test c) may be combined and carried out on the same test pieces.

6.1.2 Equipment

An oven with natural air flow or air flow by pressure. The air shall enter the oven in such a way that it flows over the surface of the samples and leaves near the top of the oven. The oven shall have not less than 8 and not more than 20 complete air changes per hour at the specified ageing temperature.

Two methods for measuring the rate of air flow through an oven are given in Sub-clause 6.4.

A rotating fan shall not be used inside the oven.

6.1.3 Procedure for prepared test pieces

An accelerated ageing test shall be made in an atmosphere having the composition and pressure of the ambient air.

- a) After preparation in accordance with Sub-clauses 5.1.3a) and b), the test pieces shall be placed in the oven.
- b) The test pieces shall be kept in the oven at the temperature and for the time specified for the material in the relevant cable standard.
- c) Compounds of substantially different composition shall not be tested at the same time.

The test pieces shall be suspended vertically and substantially in the middle of the oven so that each piece is at least 20 mm from any other piece.

The test pieces shall not take up more than 0.5% of the volume of the oven.

- d) Immediately after the ageing period, the test pieces shall be taken out of the oven and left at ambient temperature, avoiding direct sunlight, for at least 16 h.

6.1.4 Procedure for pieces of completed cables

- a) Three small pieces of completed cable about 200 mm long, taken each at least 100 mm away from the other two, shall be placed into the oven (see Sub-clause 6.1.2) and kept therein at the temperature and for the time specified in the relevant cable standard.

- b) The cable pieces shall not take up more than 2% of the volume of the oven. They shall be suspended vertically and substantially in the middle of the oven at least 20 mm away from one another.

- c) Immediately at the completion of the specified heating period, the cable pieces shall be taken out of the oven and left at ambient temperature, avoiding direct sunlight, for at least 16 h.

- d) Thereafter, the three cable pieces marked x', y' and z' shall be dismantled into sheaths and cores for the preparation of the test pieces, as follows:

1. On coupe chaque tronçon de conducteur isolé en deux parties et on obtient, par suite, six tronçons qui sont marqués:

$$x'_2, x'_4, y'_2, y'_4, z'_2, z'_4$$

(voir le paragraphe 5.1.2d)).

A partir de ces tronçons, on prépare six éprouvettes (marquées pareillement) conformément au paragraphe 5.1.3 ces éprouvettes, dont la section est déterminée selon le paragraphe 5.1.4, sont ensuite conditionnées et essayées selon les paragraphes 5.1.6, 5.1.7 et 5.1.8.

2. De la même manière, on prépare six éprouvettes de gaine conformément au paragraphe 5.2.3. Ces éprouvettes, dont la section est déterminée selon le paragraphe 5.2.4, sont ensuite conditionnées et essayées selon les paragraphes 5.2.6, 5.2.7 et 5.2.8.

3. S'il est nécessaire de couper ou de meuler les éprouvettes afin de réduire leur épaisseur à 2 mm au maximum (voir les paragraphes 5.1.3b) et 5.2.3b)), on doit effectuer la coupe ou le meulage sur la face opposée au matériau de type différent.

S'il est nécessaire de couper ou de meuler des empreintes sur la face en regard du matériau de type différent, le matériau éliminé doit être limité au minimum nécessaire pour l'obtention d'une surface lisse.

6.2 Vieillessement dans la bombe à air

6.2.1 Matériel

Bombe à air chauffée de manière appropriée.

6.2.2 Mode opératoire

L'essai de vieillissement s'effectue dans une atmosphère d'air sous pression.

a) Avant de les mettre dans la bombe, on prépare les éprouvettes et on détermine leur section comme indiqué aux paragraphes 5.1.3 et 5.1.4.

b) On place les éprouvettes dans la bombe sans qu'elles se touchent. On ne doit pas faire vieillir en même temps des éprouvettes de composition différente. L'espace total occupé par les éprouvettes ne doit pas dépasser un dixième de la capacité effective de la bombe.

On remplit la bombe d'un air exempt d'huile et d'humidité, en portant la pression à 55 ± 2 N/cm².

c) Les éprouvettes doivent être maintenues dans la bombe pendant la durée et à la température indiquées dans la norme particulière au type de câble considéré. La température doit être normalement de 127 ± 1 °C.

d) La période de vieillissement terminée, on laisse tomber progressivement la pression, en 5 min au moins, jusqu'à la pression atmosphérique, afin d'éviter la formation de porosités dans les éprouvettes. On retire ensuite les éprouvettes de la bombe et on les refroidit pendant au moins 16 h, à la température ambiante, en évitant la lumière solaire directe.

6.3 Vieillessement dans la bombe à oxygène

6.3.1 Matériel

Bombe à oxygène chauffée de manière appropriée.

6.3.2 Mode opératoire

L'essai de vieillissement se fait dans une atmosphère d'oxygène sous pression.

a) Les éprouvettes sont constituées soit par des éprouvettes tubulaires comme indiqué au paragraphe 5.1.3a), soit par des lames d'épaisseur comprise entre 0,8 mm et 2 mm, découpées dans l'enveloppe isolante ou la gaine.