

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 540

Deuxième édition — Second edition
1982

**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)**



© CEI 1982

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

3, 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**
- **Annuaire de la CEI**
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

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

Publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

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

Revision of this publication

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

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

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

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

IEC publications prepared by the same Technical Committee

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

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 540

Deuxième édition — Second edition

1982

**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)**



© CEI 1982

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de 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	26
7. Essai de perte de masse des enveloppes isolantes et des gaines de p.c.v.	34
8. Essai de pression à température élevée pour enveloppes isolantes et gaines de p.c.v.	40
9. Essais à basse température pour enveloppes isolantes et gaines de p.c.v.	48
10. Essais de résistance à la fissuration des enveloppes isolantes et gaines de p.c.v.	62
11. Méthode de détermination de la masse volumique des mélanges élastomères et thermoplastiques	66
12. Mesure de l'indice de fluidité à chaud du polyéthylène thermoplastique	70
13. Essai de résistance à l'ozone	78
14. Essai d'allongement à chaud	84
15. Essai de résistance à l'huile minérale pour les gaines à base d'élastomères	86
16. Essais électriques pour les câbles, les conducteurs et les fils, pour une tension inférieure ou égale à 450/750 V	88
17. Stabilité thermique des enveloppes isolantes et des gaines de p.c.v.	92
18. Mesure dans le PE du taux de noir de carbone et/ou des charges minérales	94
19. Essais d'absorption d'eau	96
20. Essai de rétraction	100
FIGURES	104

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5

SECTION ONE — GENERAL

Clause		Page
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	27
7.	Loss of mass test for p.v.c. insulations and sheaths	35
8.	Pressure test at high temperature for p.v.c. insulations and sheaths	41
9.	Tests at low temperature for p.v.c. insulations and sheaths	49
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	79
14.	Hot set test	85
15.	Mineral oil immersion test for elastomeric sheaths	87
16.	Electrical tests for cables, cords and wires for voltages up to and including 450/750 V	89
17.	Thermal stability of p.v.c. insulations and sheaths	93
18.	Carbon black and/or mineral filler content measurement in PE	95
19.	Water absorption tests	97
20.	Shrinkage test	101
FIGURES		104

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 norme a été établie par le Sous-Comité 20A: Câbles de haute tension, du Comité d'Etudes n° 20 de la C E I: Câbles électriques.

Elle remplace et annule la première édition de la Publication 540 de la C E I (1976), la Modification n° 1 (1979) ainsi que le premier complément (Publication 540A de la C E I (1979)).

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Florence en 1980. A la suite de cette réunion, un projet, document 20A(Bureau Central)78, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mars 1981.

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

Afrique du Sud (République d')
Allemagne
Australie
Autriche
Belgique
Canada
Chine
Danemark
Egypte
Espagne
France
Inde

Italie
Japon
Norvège
Nouvelle-Zélande
Pays-Bas
République Démocratique Allemande
Roumanie
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Union des Républiques
Socialistes Soviétiques

Autre publication de la C E I citée dans la présente norme:

Publication n° 270: Mesure des décharges partielles.

Autre publication citée:

Norme ISO 1133: Plastiques — Détermination de l'indice de fluidité à chaud des thermoplastiques.

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

It supersedes the first edition of I E C Publication 540 (1976), Amendment No. 1 (1979) and the first supplement (I E C Publication 540A (1979)).

A first draft was discussed at the meeting held in Florence in 1980. As a result of this meeting, a draft, Document 20A(Central Office)78, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in March 1981.

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

Australia	Japan
Austria	Netherlands
Belgium	New Zealand
Canada	Norway
China	Romania
Denmark	South Africa (Republic of)
Egypt	Spain
France	Sweden
German Democratic Republic	Switzerland
Germany	Union of Soviet
India	Socialist Republics
Italy	United Kingdom

Other I E C publication quoted in this standard:

Publication No. 270: Partial Discharge Measurements.

Other publication quoted:

ISO Standard 1133: Plastics — Determination of the Melt Flow Rate of Thermoplastics.

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 températures, durées, etc., et modalités d'exécution) ne figurent pas dans cette norme. Elles figurent, en principe, dans les normes particulières au type de câble considéré.

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

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.c.v.) 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.

* En principe, il s'agit seulement, ici, des câbles de télécommunication isolés au polychlorure de vinyle (p.c.v.); 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 polyvinyl chloride (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.

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

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.

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 3.2.2 de la Publication 270 de la C E I);
- b) rapport de réponse et sensibilité (paragraphe 3.3.2 et 3.3.3 de la présente norme).

3.1.2 *Objet des essais*

L'objet des essais individuels est de déterminer l'amplitude des décharges partielles pour une tension spécifiée et avec une sensibilité donnée.

3.2 *Appareillage d'essai*

3.2.1 *Matériel*

Le matériel est constitué par une source haute tension ayant une puissance en kilovolt-ampères 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.

2.2 *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.

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 *Definition 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 3.2.2 of IEC Publication 270);
- b) response ratio and sensitivity (Sub-clauses 3.3.2 and 3.3.3 herein).

3.1.2 *Purpose of the tests*

The purpose of the individual tests is to determine the partial discharge magnitude at a specified voltage and with a given sensitivity.

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 mesure des décharges partielles se compose d'un circuit d'essai (voir la Publication 270 de la C E I), 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 *Étalonnage 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 C E I. On trouvera d'autres renseignements sur l'utilisation des appareils d'étalonnage de décharge dans le Rapport 1968-2101 de la CIGRÉ, annexe III. Dans cette méthode, on branche directement un dispositif d'étalonnage de décharge aux bornes d'une extrémité du câble à essayer 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 C E I et au Rapport 1968-2101 de la CIGRÉ, annexe III, section III.

3.3.2 *Rapport de réponse*

Le câble à essayer 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 qui est 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, $q_{\text{min}} = 2 k \cdot h_n$ (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 (PR), caoutchouc d'éthylène-propylène (EPR), caoutchouc butyle (butyle) et 40 pC au plus pour le polychlorure de vinyle (p.c.v.).

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 CIGRÉ, 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 CIGRÉ Report 1968-2101, Appendix III. In this method, a calibration device is connected directly across one end of the cable to be tested 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 CIGRÉ Report 1968-2101, Appendix III, Section III.

3.3.2 Response ratio

With the cable to be tested 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, $q_{\text{min}} = 2 k \cdot h_n$ (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 CIGRÉ 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 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 supplémentaire. 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 CIGRÉ, annexe III, section I, paragraphe 1.2.

3.4 Mode opératoire

La tension d'essai doit être appliquée entre l'âme conductrice et l'écran. Elle doit être élevée et maintenue pendant 1 min au plus à une valeur supérieure de $0,25 U_0$ à la valeur spécifiée pour la mesure des décharges partielles (U_0 est la tension nominale du câble).

Par exemple, si la norme particulière au type de câble considéré demande que les mesures de décharges partielles soient effectuées à $1,5 U_0$, la tension est d'abord élevée jusqu'à $1,75 U_0$.

La tension d'essai est ensuite progressivement réduite et la mesure des décharges partielles est effectuée à la tension prescrite pour la mesure dans la norme particulière au type de câble considéré.

4. Mesure des épaisseurs et des diamètres

4.1 Mesures 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 propriétés 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.

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.

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 CIGRÉ Report 1968-2101, Appendix III, Section I, Sub-clause 1.2.

3.4 *Test procedure*

The test voltage shall be applied between conductor and screen. It shall be raised to and held, for not more than 1 min, at a value which is $0.25 U_0$ above the voltage at which the measurement of partial discharge is to be made (where U_0 is the rated voltage of the cable).

For example, if the relevant cable standard requires the partial discharge to be measured at $1.5 U_0$, the voltage shall first be raised to $1.75 U_0$.

The test voltage shall then be gradually reduced to, and the measurement of partial discharge made at, the voltage specified for the measurement in the relevant cable standard.

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.

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 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 interne et/ou externe 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 de l'âme conductrice.

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 104.

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 104.

c) Si le profil extérieur est de forme irrégulière, le fil transversal du réticule doit être placé comme représenté à la figure 3, page 104.

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 104.

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 Évaluation des résultats de mesure

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 la méthode b1) du paragraphe 5.1.4) 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 propriétés 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.

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 104.
- 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 104.
- c) When the outer profile shows unevenness, the cross-wire of the microscope shall be adjusted as shown in Figure 3, page 104.
- d) When there are unremovable semiconducting 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 104.

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 Method b1) of Sub-clause 5.1.4) 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, for example 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 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 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.

- Si le profil intérieur de l'éprouvette est circulaire, on procède à six mesures radiales, autant que possible réparties également sur la circonférence.
- 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 104.
- 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 104.
- Si le câble a une section droite rectangulaire (voir ci-dessous) on mesure les épaisseurs e_2 et e_3 .

Épaisseur e_2 :

Les mesures sont effectuées pour un conducteur par groupement de chaque côté.

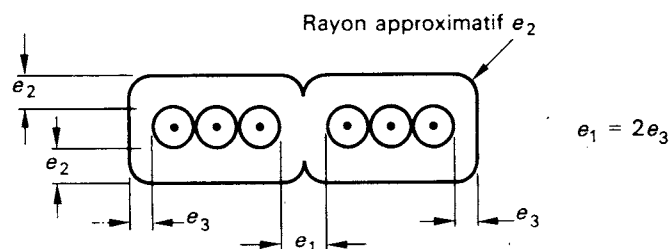
Les endroits de mesure doivent être également répartis le long du côté plat mais dans tous les cas l'épaisseur la plus mince doit être prise.

Au moins quatre mesures individuelles sont effectuées dans le cas des câbles ayant trois ou quatre groupements de conducteurs.

S'il n'y a pas de groupement de conducteurs, les mesures sont effectuées comme si les conducteurs étaient groupés comme il est indiqué dans la norme particulière au type de câble considéré.

Épaisseur e_3 :

Deux mesures sont effectuées pour chaque section préparée.



e_1 seulement dans le cas de conducteurs posés en deux groupes ou plus; le rayon de courbure des bords n'est pas mesuré.

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.

- 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.
- 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 104.
- 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 104.
- If the cable has a rectangular cross-section (see below) the thicknesses e_2 and e_3 shall be measured.

Thickness e_2 :

The measurements shall be made at one core per group at its opposite sides.

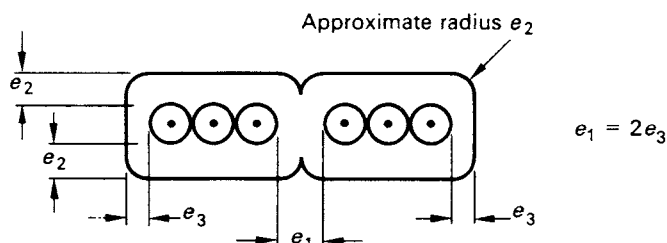
The positions of measurement shall be approximately equally spaced along each flat side, but shall in all cases include the thinnest position.

At least four individual measurements shall be made on the sheath of three and four-core cables.

If the cores are not grouped, the measurements shall be made as they would be if the grouping given in the relevant cable standard had been adopted.

Thickness e_3 :

Two measurements shall be made on each prepared cross-section.



e_1 occurs only in the case of cores positioned in two groups or more, the radius of curvature at the edges is not measured.

- e) 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 la méthode *b1*) du paragraphe 5.1.4) 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 des conducteurs ou sur 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 *Méthode de mesure*

- 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 qui est utilisée pour la mesure des épaisseurs, décrite à l'article 4 (voir les paragraphes 4.1.4 et 4.2.4).

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

- 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 effectuées avec deux décimales pour les diamètres égaux ou 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 *Enveloppes isolantes*

5.1.1 *Généralités*

Ces essais consistent à déterminer la résistance à la traction et l'allongement à la rupture des matériaux isolants (à l'exception des couches semi-conductrices éventuelles) du câble fabriqué (c'est-à-dire sans aucun vieillissement préalable) et, lorsque cela est demandé, après un ou plusieurs vieillissements accélérés.

Lorsque le traitement de vieillissement est réalisé sur des éprouvettes d'isolant préparées (conformément aux paragraphes 6.1.3 et 6.2), les éprouvettes destinées au traitement sont prélevées sur des morceaux voisins des éprouvettes utilisées pour l'essai sans vieillissement préalable et les essais mécaniques sur les éprouvettes vieilles et non vieilles sont effectués les uns à la suite des autres.

- e) 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 Method *b1*) of Sub-clause 5.1.4) 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) 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*

These tests are to determine the tensile strength and elongation at break of the insulating material (exclusive of any semiconducting layers) of the cable in the condition as manufactured (i.e. without any ageing treatment) and, when required, after one or more accelerated ageing treatment(s).

When the ageing treatment is to be carried out on prepared test pieces of the insulation (in accordance with Sub-clauses 6.1.3 and 6.2), the test pieces for treatment shall be from positions adjacent to the test pieces used for the test without ageing and the tensile tests on the aged and unaged test pieces shall be made in immediate succession.

5.1.2 *Echantillonnage*

Un échantillon d'une longueur suffisante de chaque conducteur ou de l'enveloppe à essayer est prélevé. Chaque échantillon doit permettre au moins le prélèvement de cinq éprouvettes non vieilles et de cinq éprouvettes pour chacun des vieillissements prescrits. Les conducteurs des câbles méplats ne doivent pas être séparés. Pour ces essais, on ne doit utiliser aucun échantillon présentant des signes de détérioration mécanique.

5.1.3 *Préparation des éprouvettes*

a) Eprouvettes en forme d'haltère

On utilise les éprouvettes en forme d'haltère chaque fois que cela est possible. Elles sont préparées à partir d'échantillons d'enveloppes isolantes fendues en long pour les séparer de l'âme conductrice.

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

On coupe chaque échantillon d'enveloppe isolante en tronçons d'une longueur suffisante pour l'essai; ces tronçons sont repérés pour identifier leur origine et leur position respective dans l'échantillon original.

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. Pour l'isolation en PE, seule la coupe est utilisée, non le 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.

On découpe une éprouvette en forme d'haltère au moyen d'un poinçon dont l'empreinte est conforme à la figure 7, page 105 ou, si possible, deux éprouvettes en forme d'haltère placées côte à côte.

Si le diamètre du conducteur isolé est trop petit pour permettre la découpe d'un haltère conforme à la figure 7, un haltère plus petit conforme à la figure 8, page 105, peut être découpé dans chaque échantillon de l'enveloppe isolante.

On délimite la longueur centrale de 20 mm pour la plus grande éprouvette ou de 10 mm pour la plus petite par deux traits sur chaque éprouvette, comme représenté aux figures 7 et 8, juste avant l'essai de traction.

b) Eprouvettes tubulaires

On utilise les éprouvettes tubulaires seulement pour les conducteurs isolés dont le diamètre est trop petit pour qu'il soit possible de découper des éprouvettes en forme d'haltère.

On découpe les échantillons de conducteurs isolés en morceaux d'environ 100 mm de long et on retire tous les revêtements et l'âme conductrice en prenant soin de ne pas endommager l'enveloppe isolante. Les éprouvettes tubulaires sont repérées pour identifier leur origine et leur position respective dans l'échantillon.

On délimite la partie centrale de 20 mm par deux traits, juste avant l'essai de traction.

5.1.4 *Détermination de la section de l'enveloppe isolante*

a) Section de l'éprouvette haltère

On calcule la section de chaque éprouvette en forme d'haltère en partant de la largeur et de la plus petite des épaisseurs des trois mesures de la partie comprise entre les traits de repère.

5.1.2 Sampling

A sample of each core to be tested, or of the insulation from each core to be tested, shall be taken of sufficient size to provide a minimum of five test pieces each for the tensile tests without ageing and the tensile tests after each of the required ageing treatments. The cores of flat cords shall not be separated. Any sample that shows signs of mechanical damage shall not be used for the tests.

5.1.3 Preparation of test pieces

a) Dumb-bell test pieces

Dumb-bell test pieces shall be used whenever possible. They shall be prepared from samples of insulation removed from the conductor, cutting it open in the direction of the axis of the core.

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

Each sample of insulation shall be cut into pieces of sufficient size for the test and the pieces marked to identify the sample from which they are cut and their positions relative to each other in the original sample.

The pieces of 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. For PE insulation, cutting only, not grinding, shall be employed. After grinding or cutting, the thickness of the pieces shall be not less than 0.8 mm and not more than 2.0 mm.

A dumb-bell test piece in accordance with Figure 7, page 105, shall then be punched from each prepared piece of insulation, or if possible two dumb-bell test pieces shall be punched side by side.

When the diameter of the core is too small to allow the dumb-bell in accordance with Figure 7 to be used, then a smaller dumb-bell test piece in accordance with Figure 8, page 105, shall be punched from each prepared piece of insulation.

The central 20 mm for the larger dumb-bells, or 10 mm for the smaller dumb-bells, shall be marked by two lines on each test piece, as shown in Figures 7 and 8, immediately before the tensile test.

b) Tubular test pieces

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

The samples of core shall be cut into pieces each about 100 mm long and the conductor and any outer coverings removed, care being taken not to damage the insulation. The tubes shall be marked to identify the sample from which they were prepared and their relative positions in the sample.

The central 20 mm shall be marked by two lines immediately before the tensile test.

5.1.4 Determination of cross-sectional area of insulation

a) Cross-sectional area of dumb-bell test piece

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

S'il y a doute sur la régularité de la largeur, celle-ci sera mesurée aux trois mêmes endroits que l'épaisseur, des deux côtés de l'éprouvette, et en prenant la moyenne des deux mesures pour la largeur de chaque endroit.

On utilise la plus petite des trois sections trouvées pour le calcul de la charge de rupture.

Les mesures sont effectuées à l'aide d'un micromètre ou d'un instrument analogue dont la pression de contact ne dépasse pas 7 N/cm². Les mesures sont effectuées en millimètres avec deux décimales. En cas de litige, la pression de contact, pour les caoutchoucs naturels ou synthétiques, ne doit pas dépasser 2 N/cm².

b) Section de l'éprouvette tubulaire

Au milieu de l'échantillon ayant servi aux prélèvements des éprouvettes, on prélève un morceau permettant de déterminer la section A , en millimètres carrés, des éprouvettes par l'une des méthodes suivantes. En cas de doute, on utilise la deuxième méthode (b2).

b1) 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 à l'article 4 et arrondie à deux décimales (voir paragraphe 4.1.4, dernier alinéa)

D = valeur moyenne du diamètre extérieur du conducteur isolé, en millimètres, déterminée comme indiqué dans la méthode d'essais b) du paragraphe 4.3.2, et arrondie à deux décimales.

b2) A partir de la masse volumique, de la masse et de la longueur, à l'aide de la formule:

$$A = \frac{1000 m}{d \times l}$$

où:

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

l = longueur en millimètres avec une décimale

d = masse volumique mesurée suivant l'article 11 sur un échantillon supplémentaire de la même enveloppe isolante (sans vieillissement), en grammes par centimètre cube avec trois décimales

c) Pour les échantillons qui sont vieillis, la section de l'éprouvette est déterminée avant le traitement de vieillissement.

5.1.5 Traitement de vieillissement

Chaque traitement de vieillissement doit être réalisé sur cinq éprouvettes (voir le paragraphe 5.1.2) conformément à l'article 6 et dans les conditions prescrites dans la norme particulière du type de câble considéré.

5.1.6 Conditionnement des éprouvettes

Avant l'essai de traction, toutes les éprouvettes, vieilles ou non, sont conservées à une température de $23 \pm 5^\circ\text{C}$ pendant au moins 3 h, sauf pour les enveloppes isolantes en p.c.v. qui sont conservées à $23 \pm 2^\circ\text{C}$.

5.1.7 Mode opératoire de l'essai de traction

a) Température d'essai

Les essais sont effectués à la température ambiante 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 en p.c.v. l'essai doit être repris à $23 \pm 2^\circ\text{C}$ en cas de doute.

If there is doubt about the uniformity of the width, this shall be measured at the same three positions as the thickness at both surfaces of the test piece, taking the mean of the two measurements as the width at each position.

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 giving a contact pressure not exceeding 7 N/cm². The measurements shall be made in millimetres to two decimal places. In case of dispute, the contact pressure for natural and synthetic rubbers shall not exceed 2 N/cm².

b) Cross-sectional area of tubular test pieces

At the middle of the sample being used to prepare the test pieces, a piece shall be taken to determine the cross-sectional area A , in square millimetres, of the test pieces by one of the following methods. In case of doubt, the second method (b2) shall be used.

b1) From the dimensions, using the formula:

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

where:

δ = mean value of the thickness of the insulation, in millimetres, determined as specified in Clause 4 and rounded off to two decimal places (see Sub-clause 4.1.4, last paragraph)

D = mean value of the outer diameter of the test piece, in millimetres, determined as specified in test method *b)* of Sub-clause 4.3.2, and rounded off to two decimal places

b2) From the density, the mass and the length, using the formula:

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

where:

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

l = length, in millimetres, to one decimal place

d = density, measured in accordance with Clause 11 on an additional sample of the same insulation (without ageing), in grams per cubic centimetre, to three decimal places

c) For test pieces which are to be aged, the cross-sectional area shall be determined before the ageing treatment.

5.1.5 Ageing treatment

Each required ageing treatment shall be carried out on five test pieces (see Sub-clause 5.1.2) in accordance with Clause 6 under the conditions specified in the relevant cable standard.

5.1.6 Conditioning of test pieces

Before the tensile test, all test pieces, aged or unaged, shall be kept for at least 3 h at a temperature of $23 \pm 5^\circ\text{C}$, except for p.v.c. insulation, which shall be kept at $23 \pm 2^\circ\text{C}$.

5.1.7 Tensile test procedure

a) Test temperature

The test shall be carried out at ambient temperature 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 $23 \pm 2^\circ\text{C}$.

b) Distance entre les mâchoires et vitesse d'écartement

Les mâchoires de la machine de traction peuvent être du type autoserrant ou non.

La longueur totale entre les mâchoires doit être voisine de:

34 mm pour les haltères représentés à la figure 8, page 105.

50 mm pour les haltères représentés à la figure 7, page 105.

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 $0,925 \text{ g/cm}^3$ à 23°C .

Pour le polyéthylène de masse volumique supérieure à $0,925 \text{ g/cm}^3$, la vitesse d'écartement doit être de 25 ± 5 mm/min, à moins que le fabricant ne préfère faire l'essai à une vitesse d'écartement plus grande.

c) Mesures

On mesure la charge de rupture et la distance entre les deux traits de repère sur l'éprouvette, simultanément, lors de 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 charge de rupture et l'allongement à la rupture; dans le cas contraire l'essai est recommencé.

5.1.8 Expression des résultats

On divise la charge de rupture par la section de l'éprouvette non étirée pour le calcul de la résistance à la traction.

On calcule l'allongement à la rupture en pourcentage de la distance entre les traits de repère après l'essai, par rapport à cette distance avant l'essai.

On prend comme valeur de la charge de rupture et d'allongement à la rupture les médianes des valeurs obtenues pour ces deux caractéristiques.

5.2 Mélanges pour gaines

5.2.1 Généralités

Ces essais consistent à déterminer la résistance à la traction et l'allongement à la rupture des matériaux de gaines de câbles en l'état de livraison et, lorsque cela est spécifié, après un ou plusieurs traitements de vieillissement accéléré.

Lorsque le traitement de vieillissement est effectué sur des éprouvettes préparées (comme indiqué au paragraphe 6.1.3 ou à l'article 15), celles-ci sont prélevées près de celles ne subissant pas le vieillissement et l'essai de traction est effectué en même temps sur les éprouvettes vieilles ou non.

5.2.2 Echantillonnage

Un échantillon du câble ou du conducteur à essayer ou de la gaine séparée du câble, d'une longueur suffisante, est prélevé. Chaque échantillon doit permettre le prélèvement de cinq éprouvettes non vieilles et de cinq éprouvettes pour chacun des vieillissements prescrits pour le matériau de gainage dans la norme particulière au type de câble considéré. Pour ces essais, on ne doit utiliser aucun échantillon présentant des signes de détérioration mécanique.

b) Distance between the grips and rate of separation

The grips of the tensile testing machine may be either of a self-tightening type or not.

The total length between the grips shall be about:

34 mm for dumb-bells as illustrated in Figure 8, page 105.

50 mm for dumb-bells as illustrated in Figure 7, page 105.

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 PE of a density higher than 0.925 g/cm^3 at 23°C , shall be $250 \pm 50 \text{ mm/min}$.

For PE of density higher than 0.925 g/cm^3 , the rate of separation shall be $25 \pm 5 \text{ mm/min}$, unless the manufacturer prefers to test at the higher rate of separation.

c) Measurements

The breaking load and the distance between the two marker lines at rupture shall be measured simultaneously on the same test piece.

An unsatisfactory result due to any test piece breaking due to damage in the grips shall be ignored. In this event, 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

The breaking load shall be divided by the cross-sectional area of the unstretched test piece for calculation of tensile strength.

The elongation at break shall be calculated as the increase in the distance between the marker lines at rupture from the distance between the marker lines on the unstretched test piece as a percentage of the latter.

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

5.2 Sheathing compounds

5.2.1 General

These tests are to determine the tensile strength and elongation at break of the sheathing material of the cable in the condition as manufactured and, when required, after one or more accelerated ageing treatment(s).

When the ageing treatment is to be carried out on prepared test pieces (in accordance with Sub-clause 6.1.3 or with Clause 15), the test pieces for treatment shall be from positions adjacent to the test pieces used for the test without ageing, and the tensile tests on the treated and untreated test pieces shall be made in immediate succession.

5.2.2 Sampling

A sample of the cable or cord to be tested, or of the sheath removed from the cable, shall be taken of sufficient size to provide a minimum of five test pieces for the tensile tests without ageing and the required number of test pieces for each of the tensile tests after ageing specified for the sheathing material in the relevant cable standard. Any sample that shows signs of mechanical damage shall not be used for tests.

5.2.3 Préparation des éprouvettes

Les éprouvettes sont préparées à partir des échantillons de gaines comme il est spécifié au paragraphe 5.1.3 pour les enveloppes isolantes toutefois l'épaisseur minimale des éprouvettes ne doit pas être inférieure à 0,6 mm, les éprouvettes en forme d'haltère étant utilisées chaque fois que cela est possible.

Pour la préparation des éprouvettes en forme d'haltère dans le cas d'une gaine présentant des empreintes dues aux conducteurs internes, on fend la gaine suivant l'une des empreintes, on la sépare des autres constituants du câble et on élimine les empreintes par meulage ou par coupe.

Pour les gaines en polyéthylène, l'épaisseur de l'éprouvette en forme d'haltère peut ne pas être réduite à 2,0 mm lorsque l'épaisseur totale de la gaine est plus importante, pourvu que l'éprouvette soit lisse sur ses deux faces.

Dans la préparation des éprouvettes tubulaires, tous les constituants du câble se trouvant sous la gaine, y compris les conducteurs isolés, les bourrages et les revêtements intérieurs sont retirés.

5.2.4 Détermination de la section de la gaine

La section de chaque éprouvette doit être déterminée par la méthode décrite au paragraphe 5.1.4 pour les enveloppes isolantes, avec les modifications suivantes pour les éprouvettes tubulaires.

L'épaisseur et le diamètre de la gaine, mesurés conformément à l'article 4 et plus précisément du paragraphe 4.2.5 pour l'épaisseur et du paragraphe 4.3.2 pour le diamètre, sont utilisés pour l'application de la méthode b1).

La masse volumique est mesurée sur un échantillon supplémentaire de la même gaine dans le cas de la méthode b2).

Si la gaine a des empreintes, seule la méthode b2) doit être utilisée.

5.2.5 Traitement de vieillissement

Chaque traitement de vieillissement doit être effectué sur cinq éprouvettes (voir paragraphe 5.2.2) conformément à l'article 6 et dans les conditions prescrites dans la norme particulière au type de câble considéré.

5.2.6 Conditionnement des éprouvettes

Se conformer au paragraphe 5.1.6.

5.2.7 Mode opératoire de l'essai de traction

Se conformer au paragraphe 5.1.7.

5.2.8 Expression des résultats

Se conformer au paragraphe 5.1.8.

6. Méthodes de vieillissement thermique

6.1 Vieillissement en étuve à air

6.1.1 Généralités

Un traitement de vieillissement en étuve à air peut être prescrit dans une norme particulière au type de câble considéré:

5.2.3 *Preparation of test pieces*

Test pieces shall be prepared from the samples of sheath in the same way as specified for insulation in Sub-clause 5.1.3 except that the minimum thickness of the pieces shall be not less than 0.6 mm, dumb-bell test pieces being used whenever possible.

If the sheath has ridges caused by the cores on the inside, then, in the preparation of dumb-bell test pieces, the sheath shall be cut in the direction of the ridges for removal from the cable and the effect of the ridges shall be eliminated by grinding or cutting.

For PE sheaths, the thickness of the dumb-bells need not be reduced to 2.0 mm when the full sheath thickness is greater, provided that the test pieces are smooth on both surfaces.

In the preparation of tubular test pieces, all the components of the cable inside the sheath, including cores, fillers and inner covering, shall be removed.

5.2.4 *Determination of cross-sectional area of sheath*

The cross-sectional area of each test piece shall be determined by the same method as for the insulation specified in Sub-clause 5.1.4, with the following modifications for tubular test pieces.

The thickness and diameter of the sheath, measured in accordance with Clause 4 with particular reference to Sub-clause 4.2.5 for thickness and Sub-clause 4.3.2 for diameter, shall be used in Method *b1*).

The density shall be measured on an additional piece of the same sheath in the Method *b2*).

If the sheath has ridges, Method *b2*) only shall be used.

5.2.5 *Ageing treatment*

Each required ageing treatment shall be carried out on five test pieces (see Sub-clause 5.2.2) in accordance with Clause 6, under the conditions specified in the relevant cable standard.

5.2.6 *Conditioning of test pieces*

In accordance with Sub-clause 5.1.6.

5.2.7 *Tensile 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. **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) sur éprouvettes préparées (voir paragraphe 6.1.3);
- b) sur tronçons de câbles complets (voir paragraphe 6.1.4);
- c) pour l'essai de perte de masse (voir article 7).

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

6.1.2 *Matériel*

Une étuve à air chaud avec circulation d'air, naturelle ou sous pression. L'air entre 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 est 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 les éprouvettes préparées*

Le vieillissement est effectué dans une atmosphère ayant la composition et la pression de l'air ambiant.

Les éprouvettes, comme spécifié dans l'article 5, sont suspendues verticalement, pratiquement au milieu de l'étuve, à 20 mm au moins l'une de l'autre.

Si certaines éprouvettes sont destinées à la mesure de la perte de masse, les éprouvettes ne doivent pas occuper plus de 0,5% du volume de l'étuve.

Les éprouvettes sont laissées dans l'étuve à la température et pendant la durée spécifiée pour le matériau dans la norme particulière au type de câble considéré.

Des mélanges nettement différents ne sont pas essayés simultanément.

Aussitôt après la période de 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. L'essai de traction est ensuite effectué conformément aux paragraphes 5.1.6 et 5.1.7.

6.1.4 *Mode opératoire pour tronçons de câbles complets*

Trois tronçons de câble complet d'environ 200 mm de long sont prélevés de préférence près de ceux ayant été prélevés pour l'essai de traction sans vieillissement (article 5).

Les tronçons de câble sont suspendus verticalement, pratiquement dans le milieu de l'étuve, à 20 mm au moins les uns des autres, sans occuper plus de 2% du volume de l'étuve.

Les tronçons sont laissés dans l'étuve à la température et pendant le temps spécifiés dans la norme particulière du type de câble considéré.

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

On dépouille ensuite les trois tronçons de câble. On prépare deux éprouvettes à partir de l'enveloppe isolante de chaque conducteur (en se limitant à un maximum de trois) et de la gaine de chaque échantillon de câble, comme spécifié à l'article 5. De cette façon, on a six éprouvettes de chaque enveloppe isolante et de la gaine.

- a) for prepared test pieces (see Sub-clause 6.1.3);
- b) for pieces of complete cable (see Sub-clause 6.1.4);
- c) for the loss of mass test (see Clause 7).

The ageing test, Item a), and the loss of mass test, Item 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 test pieces and exits 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 of measuring the rate of air flow through an oven are given in Sub-clause 6.4.

A fan shall not be used inside the oven.

6.1.3 *Procedure for prepared test pieces*

The ageing shall be carried out in an atmosphere having the composition and pressure of the ambient air.

The test pieces, as specified in Clause 5, shall be suspended vertically and substantially in the middle of the oven at least 20 mm away from each other.

If any of the test pieces are to be used for the loss of mass test, the test pieces shall not occupy more than 0.5% of the volume of the oven.

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.

Compounds of substantially different compositions shall not be tested at the same time.

As soon as the ageing period is completed, the test pieces shall be removed from the oven and left at ambient temperature, avoiding direct sunlight, for at least 16 h. The tensile test shall then be carried out in accordance with Sub-clauses 5.1.6 and 5.1.7.

6.1.4 *Procedure for pieces of complete cable*

Three pieces of complete cable about 200 mm long shall be taken, preferably from a position close to that from which the sample for the test without ageing (Clause 5) is taken.

The pieces of cable shall be suspended vertically and substantially in the middle of the oven at least 20 mm away from each other and shall not occupy more than 2% of the volume of the oven.

The pieces of cable shall be kept in the oven at the temperature and for the time specified in the relevant cable standard.

As soon as the specified heating period is completed, the pieces of cable shall be removed from the oven and left at ambient temperature, avoiding direct sunlight, for at least 16 h.

The three pieces of cable shall then be dismantled. Two test pieces shall be prepared from the insulation of each core (up to a maximum of three cores) and from the sheath of each piece of cable, as specified in Clause 5, so that there are six test pieces from each core and from the sheath.

S'il est nécessaire de couper ou de meuler les éprouvettes afin de réduire leur épaisseur à 2 mm au plus, on effectue, dans la mesure du possible, 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.

Après avoir mesuré leurs sections et effectué le conditionnement, les éprouvettes sont soumises à l'essai de traction conformément à l'article 5.

6.2 Vieillessement dans la bombe à air

Les éprouvettes, réalisées conformément à l'article 5, sont placées dans une bombe à air sans qu'elles se touchent. Les éprouvettes ne doivent pas occuper un volume de plus du dixième de la capacité effective de la bombe.

Des mélanges nettement différents ne sont pas essayés simultanément.

On remplit la bombe d'un air exempt d'huile et d'humidité, en portant la pression à $0,55 \pm 0,02$ MPa.

Les éprouvettes sont maintenues dans la bombe pendant la durée et à la température indiquées dans la norme particulière au type de câble considéré.

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

L'essai de traction est ensuite effectué suivant les modalités des paragraphes 5.1.6 et 5.1.7.

6.3 Vieillessement dans la bombe à oxygène

Les éprouvettes réalisées conformément à l'article 5 sont placées dans une bombe à oxygène, sans qu'elles se touchent. Les éprouvettes ne doivent pas occuper un volume de plus du dixième de la capacité effective de la bombe.

Des mélanges nettement différents ne sont pas essayés simultanément.

La bombe est remplie d'oxygène commercial, d'une pureté d'au moins 97%, à la pression de $2,1 \pm 0,07$ MPa.

Les éprouvettes sont maintenues dans la bombe pendant la durée et à la température spécifiées pour le matériau dans la norme particulière au type de câble considéré.

La période de vieillissement terminée, on laisse tomber graduellement 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 laisse, pendant 16 h au moins, à la température ambiante, en évitant la lumière solaire directe.

L'essai de traction est ensuite effectué suivant les modalités des paragraphes 5.1.6 et 5.1.7.

6.4 Méthodes de mesure du débit d'air dans les étuves

6.4.1 Méthode 1 — Méthode indirecte ou méthode de la consommation de puissance

- a) Dans cette méthode, le surplus de puissance nécessaire pour maintenir l'étuve à une température donnée avec ses ouvertures de ventilation ouvertes, par rapport à la puissance

If the test pieces need to be cut or ground to reduce their thickness to not more than 2 mm, this operation shall be effected, so far as possible, on the side which was not facing a material of different type in the complete cable. If ridges need to be cut or ground on the side which was facing the different type of material, the material removed on that side shall be the minimum compatible with adequate smoothing.

After measurement of their cross-sectional areas and conditioning has been carried out, the test pieces shall be subjected to the tensile test, all in accordance with Clause 5.

6.2 *Ageing in an air bomb*

Test pieces, as specified in Clause 5, shall be placed in an air bomb without touching each other. The test pieces shall not occupy more than one-tenth of the effective capacity of the bomb.

Compounds of substantially different compositions shall not be tested at the same time.

The bomb shall be filled with air, which shall be free from oil and moisture, to a pressure of 0.55 ± 0.02 MPa.

The test pieces shall be kept in the bomb at the temperature and for the time specified for the material in the relevant cable standard.

As soon as the ageing period is completed, the pressure shall be released gradually, so as to reach atmospheric pressure in not less than 5 min, in order to avoid formation of porosity in the test pieces. The test pieces shall then be removed from the bomb and left at ambient temperature, avoiding direct sunlight, for at least 16 h.

The tensile test shall then be carried out in accordance with Sub-clauses 5.1.6 and 5.1.7.

6.3 *Ageing in an oxygen bomb*

Test pieces as specified in Clause 5 shall be placed in the bomb without touching each other. They shall not occupy more than one-tenth of the effective capacity of the bomb.

Compounds of substantially different compositions shall not be tested at the same time.

The bomb shall be filled with commercial oxygen of not less than 97% purity to a pressure of 2.1 ± 0.07 MPa.

The test pieces shall be kept in the bomb at the temperature and for the time specified for the material in the relevant cable standard.

As soon as the ageing period is completed, the pressure shall be released gradually, so as to reach atmospheric pressure in not less than 5 min, in order to avoid formation of porosity in the test pieces.

The test pieces shall then be removed from the bomb and left at ambient temperature, avoiding direct sunlight, for at least 16 h.

The tensile test shall then be carried out in accordance with Sub-clauses 5.1.6 and 5.1.7.

6.4 *Methods of measuring air flow in ovens*

6.4.1 *Method 1 — Indirect or power consumption method*

- a) In this method, the additional power required to maintain the oven at a given temperature with its ports open, over that required to maintain the oven at the same temperature with its

nécessaire pour maintenir l'étuve à la même température avec ses ouvertures fermées, est utilisé comme mesure de la quantité d'air traversant l'étuve lorsque les ouvertures sont ouvertes. La puissance moyenne (P_1 watts) nécessaire pour maintenir la température de l'étuve à la température de vieillissement prescrite, lorsque les ouvertures de ventilation sont ouvertes, est déterminée pendant une période de 30 min ou plus. Les ouvertures de ventilation (et, si nécessaire, l'ouverture pour le thermomètre) sont alors fermées et la puissance moyenne (P_2 watts) nécessaire pour maintenir la même température pendant la même durée est déterminée. Il est essentiel que la différence entre la température de l'étuve et la température ambiante soit, à 0,2 °C près, la même pour les deux essais. La température ambiante devra être mesurée en un point situé à peu près à 2 m de l'étuve, approximativement au niveau de sa base, et à une distance d'au moins 0,6 m de tout objet solide.

- b) La quantité d'air traversant l'étuve, lorsque ses ouvertures de ventilation sont ouvertes, est donnée par les formules:

$$m = \frac{P_1 - P_2}{C_p (t_2 - t_1)}$$

$$V = \frac{3\,600\,m}{d}$$

où:

C_p = chaleur spécifique de l'air à pression constante (1,003 J/g)

t_1 = température ambiante, en degrés Celsius

t_2 = température de l'étuve, en degrés Celsius

$P_1 - P_2$ = différence de consommation de puissance, comme défini au premier alinéa

m = masse de l'air, en grammes par seconde

V = volume de l'air, en litres par heure

d = masse volumique de l'air dans le laboratoire au moment de l'essai, en grammes par litre

Note. — La masse volumique de l'air à 760 mmHg et à 20 °C est de 1,205 g/l.

Donc:

$$V = \frac{3\,600 (P_1 - P_2)}{1,003\,d (t_2 - t_1)} \text{ ou } V = \frac{3\,590 (P_1 - P_2)}{d (t_2 - t_1)}$$

Cette formule suppose que, quand les ouvertures sont fermées, l'air ne traverse pas l'étuve. Pour cette raison, il ne doit pas y avoir de fuites; le joint d'étanchéité de la porte devra être scellé au moyen d'un ruban adhésif et toutes les ouvertures, y compris la fenêtre d'entrée, devront être fermées de façon efficace.

- c) Si l'on utilise un wattmètre pour mesurer la puissance consommée, le temps total en secondes, pendant lequel les éléments chauffants de l'étuve sont en circuit, doit être mesuré avec un chronomètre et la lecture du wattmètre doit être faite une fois pendant chaque période de mise en circuit. La moyenne des lectures, en watts, multipliée par le temps total enregistré par le chronomètre et divisée par la durée de l'essai, en secondes, est prise comme puissance, en watts, nécessaire pour maintenir une température constante.
- d) Si l'on utilise un wattheuremètre ou un kilowattheuremètre, la lecture de la consommation totale d'énergie enregistrée par l'appareil doit être divisée par la durée de l'essai mesurée comme fraction d'une heure. Si l'on utilise un kilowattheuremètre à usage domestique, les unités de cadran sont trop grandes pour permettre d'obtenir une précision suffisante pour une période d'essai raisonnablement courte et on doit alors se servir du disque de rotation de

ports closed, is used as a measure of the quantity of air passing through the oven when the ports are open. The average power (P_1 watts) required to maintain the oven temperature at the specified ageing temperature when the ports are open is determined over a period of 30 min or longer. The ventilation ports (and, if necessary, the thermometer aperture) are then closed and the average power (P_2 watts) to maintain the same temperature over a similar period is determined. It is essential that the difference between the oven temperature and the ambient temperature should be the same for the two tests to within 0.2 °C. The ambient temperature should be measured at a point about 2 m from the oven, approximately level with its base, and at least 0.6 m from any solid objects.

- b) The amount of air passing through the oven when the ports are open is given by the formulae:

$$m = \frac{P_1 - P_2}{C_p (t_2 - t_1)}$$

$$V = \frac{3\,600\,m}{d}$$

where:

- C_p = specific heat of air at constant pressure (1.003 J/g)
- t_1 = ambient temperature, in degrees Celsius
- t_2 = oven temperature, in degrees Celsius
- $P_1 - P_2$ = difference in power consumption, as defined in the first paragraph
- m = mass of air, in grams per second
- V = volume of air, in litres per hour
- d = density of air in the laboratory at the time of test, in grams per litre

Note. — The density of air at 760 mmHg and 20 °C is 1.205 g/l.

Hence:

$$V = \frac{3\,600 (P_1 - P_2)}{1.003\,d (t_2 - t_1)} \quad \text{or} \quad V = \frac{3\,590 (P_1 - P_2)}{d (t_2 - t_1)}$$

This formula assumes that, when the ports are closed, no air passes through the oven. Therefore, there shall be no leakages; the door joint should be sealed with adhesive tape and all apertures, including the inlet port, should be effectively closed.

- c) If the power consumption is measured with a wattmeter, the total length of time, in seconds, for which the oven heaters are “on” shall be measured with a stop-watch and the reading of the wattmeter shall be taken once during each “on” period. The average of the wattage readings multiplied by the total time registered by the stop-watch and divided by the duration of the test, in seconds, is taken as the power, in watts, required to maintain a constant temperature.
- d) If a watt-hour or kilowatt-hour meter is used, the reading of the total energy consumption registered by the meter shall be divided by the duration of the test, measured as a fraction of an hour. If a household kilowatt-hour meter is used, the dial units are too large to enable a sufficient accuracy to be obtained over a reasonably short test, and the rotating disc with which these meters are provided shall be used therefore as the power consumption indicator.

ces appareils pour indiquer la consommation d'énergie. L'appareil doit fonctionner jusqu'à ce que la marque du disque se trouve en face du centre de la vitre; ensuite, il doit être déconnecté jusqu'au commencement de l'essai.

Afin de réduire l'erreur possible, on doit prendre une période d'essai suffisamment longue pour permettre environ 100 tours du disque, et il est préférable d'arrêter l'essai lorsque la marque du disque est visible. Si la marque n'est cependant pas visible à la fin de l'essai, on ajoute une fraction de tour estimée. L'essai doit être commencé et terminé aux points correspondants des positions «fermée et ouverte» du cycle de chauffage (c'est-à-dire au moment où les éléments chauffants sont enclenchés par le thermostat).

6.4.2 Méthode 2 — Méthode directe et continue

Description du matériel

En partant de la source d'air comprimé, c'est-à-dire d'une canalisation ou de bouteilles d'air:

a) Régulateur de pression

Dispositif destiné à ramener la pression d'alimentation d'un nombre élevé d'atmosphères aux faibles valeurs de pression nécessaires à l'alimentation de l'étuve.

Il est pourvu d'une soupape réglable qui assure l'écoulement à pression constante.

b) Débitmètre

Appareil permettant de mesurer le débit d'air. Il est représenté par la figure 9, page 106 et fonctionne sur un principe manométrique, avec:

1. Un tube capillaire étalonné, ayant un diamètre intérieur étalonné d'environ 2 mm et une longueur étalonnée d'environ 70 mm. La figure 10, page 107, donne un diagramme type d'étalonnage, lequel permet le contrôle du débit d'air jusqu'à 500 litres/h ou 600 litres/h.
2. Un tube manométrique avec une double échelle de différence de pression comprise entre 0 et ± 300 mm d'eau. Le liquide manométrique est de l'eau distillée.

c) Etuve à air

Etuve à air ordinaire, à employer après en avoir bien assuré l'étanchéité, en particulier celle du tube d'alimentation qui doit de préférence pénétrer dans l'étuve par le fond. L'ouverture de sortie qui devrait être au sommet de l'étuve doit être le seul orifice ouvert.

Note. — Les deux points suivants facilitent la fiabilité de la méthode et du matériel.

- a) Le débitmètre décrit ci-dessus peut être considéré comme parfaitement sûr, facile à construire et à étalonner, ainsi qu'approprié à la gamme des débits d'air mis en jeu.
- b) Comme le montrent les essais, l'adoption de la ventilation légèrement «forcée» ne modifie pas, dans la pratique, l'uniformité de la température aux différents points des étuves.

7. Essai de perte de masse des enveloppes isolantes et des gaines de p.c.v.

7.1. Essai de perte de masse des enveloppes isolantes de p.c.v.

7.1.1 Matériel d'essai

- a) Etuve à circulation d'air, naturelle ou sous pression. L'air doit entrer dans l'étuve de telle façon qu'il passe sur la surface des éprouvettes 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. En cas de litige, on doit utiliser une étuve à circulation d'air naturelle.

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