

**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 Varembé  
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 Varembé  
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

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')	Italie
Allemagne	Japon
Australie	Norvège
Autriche	Nouvelle-Zélande
Belgique	Pays-Bas
Canada	République Démocratique Allemande
Chine	Roumanie
Danemark	Royaume-Uni
Egypte	Suède
Espagne	Suisse
France	Union des Républiques
Inde	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 CEI: 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 CEI);
- 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,  $q_{\text{cal}}$ , fournie par les décharges d'étalonnage est égale au produit de l'amplitude de l'impulsion d'étalonnage  $\Delta U$  (en volts) par la capacité de couplage,  $C_{\text{cal}}$ , 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,  $q_{\text{min}}$ , (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,  $q_{\text{cal}}$ , is equal to the product of the calibration pulse amplitude  $\Delta U$  (in volts) and the coupling capacitance,  $C_{\text{cal}}$ , 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,  $q_{\text{min}}$ , (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 CIGRE 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,  $\delta$  » 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,  $\delta$ " 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.

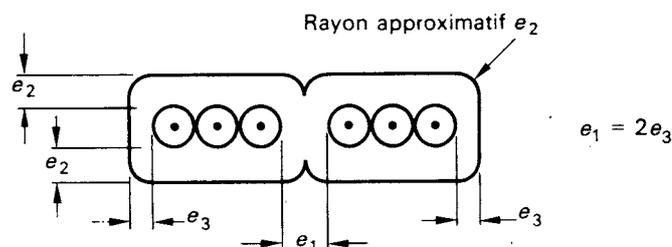
Les endroits de mesure doivent être également répartis le long du côté plat mais dans tous les cas l'épaisseur la plus mince doit être prise.

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.

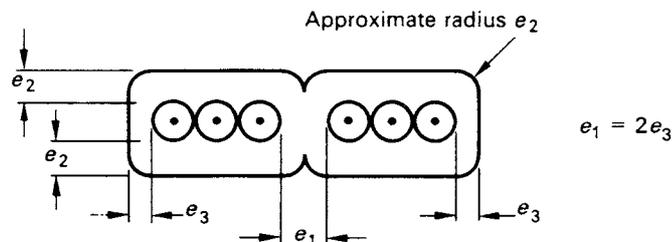
The positions of measurement shall be approximately equally spaced along each flat side, but shall in all cases include the thinnest position.

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,  $\delta$  » 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,  $\delta$ ” 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) *Éprouvettes 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) *Éprouvettes 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/cm<sup>2</sup>. 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/cm<sup>2</sup>.

#### 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:

$\delta$  = 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  $23 \pm 5$  °C pendant au moins 3 h, sauf pour les enveloppes isolantes en p.c.v. qui sont conservées à  $23 \pm 2$  °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  $23 \pm 2$  °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/cm<sup>2</sup>. 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/cm<sup>2</sup>.

*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:

$\delta$  = 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:*

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

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  $250 \pm 50$  mm/min dans tous les cas, sauf pour le polyéthylène de masse volumique supérieure à  $0,925$  g/cm<sup>3</sup> à 23 °C.

Pour le polyéthylène de masse volumique supérieure à  $0,925$  g/cm<sup>3</sup>, la vitesse d'écartement doit être de  $25 \pm 5$  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  $0.925 \text{ g/cm}^3$  at  $23 \text{ }^\circ\text{C}$ , shall be  $250 \pm 50 \text{ mm/min}$ .

For PE of density higher than  $0.925 \text{ g/cm}^3$ , 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  $0.55 \pm 0.02$  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  $2.1 \pm 0.07$  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  $0,2^\circ\text{C}$  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  $20^\circ\text{C}$  est de 1,205 g/l.

Donc:

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

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  $\pm 300$  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.

The meter shall be put into operation until the index mark on the disc is opposite the centre of the window; it shall be then disconnected until the start of the test.

To reduce the possible error, the period of test shall be long enough to permit about 100 revolutions of the disc and the test shall preferably be ended when the mark on the disc is visible. If, however, the mark is out of sight at the end of the test, an estimated fraction of a revolution shall be added. The test shall be started and stopped at corresponding points on the "on-off" heating cycle (e.g. at the moment when the heaters are switched on by the thermostat).

#### 6.4.2 Method 2 — Direct and continuous method

##### *Description of the equipment*

Starting from the high-pressure air source, i.e. from a pipe system or air cylinders:

##### *a) Air-pressure regulator*

A device to reduce the air pressure from the many atmospheres of the supply mains to the quite low-pressure values needed for feeding the oven.

It is equipped with an adjustable valve which permits a constant pressure downstream.

##### *b) Flowmeter*

An instrument with which the rate of air flow can be measured. It is illustrated by Figure 9, page 106, and operates on a manometric principle, with:

1. A calibrated capillary tube, with an internal calibrated diameter of about 2 mm and a calibrated length of about 70 mm. Figure 10, page 107, shows a typical calibration diagram, which permits the control of air flow up to 500 litres/h or 600 litres/h.
2. A manometric tube with a double graduation of pressure difference ranging between 0 and  $\pm 300$  mm of water. Distilled water is the manometric liquid.

##### *c) Air oven*

An ordinary air oven to be operated when carefully sealed, including sealing round the inlet tube, which should preferably enter the oven through the bottom. The outflow hole, which should be at the top of the oven, is the only port to be open.

*Note.* — The following two features facilitate the reliability of the method and the equipment:

- a)* The flowmeter described above can be considered as fully reliable, easy to manufacture and to calibrate, as well as suitable for the range of air rates involved here.
- b)* As shown by tests, the adoption of a slightly "forced" ventilation does not alter, in practice, the uniformity of the temperature at the various points in the ovens.

### 7. Loss of mass test for p.v.c. insulations and sheaths

#### 7.1 Loss of mass test for p.v.c. insulation

##### 7.1.1 Test equipment

- a)* 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. In case of dispute, an oven with natural air circulation shall be used.

A rotating fan shall not be used inside the oven.

- b) Balance d'analyse d'une sensibilité de 0,1 mg.
- c) Poinçons pour éprouvettes en forme d'haltère (voir la méthode d'essais de l'article 5).
- d) Dessiccateur avec gel de silice ou matériau similaire.

#### 7.1.2 *Echantillonnage*

Si l'essai de perte de masse est associé à l'essai mécanique (article 5), on prend trois éprouvettes parmi celles qui sont soumises à l'essai de vieillissement en étuve à air spécifié dans le paragraphe 6.1.3, une pour chaque échantillon de conducteur.

Une autre possibilité consiste à prendre trois des éprouvettes préparées à partir de chaque conducteur selon l'article 5, si elles ne sont pas réservées à un autre but et si leur épaisseur répond au point c) du paragraphe 7.1.3.

Sinon, trois échantillons d'environ 100 mm de long, de chaque conducteur ou de l'isolant prélevé sur chaque conducteur à essayer, sont prélevés et une éprouvette de chaque échantillon est préparée comme il est spécifié à l'article 5.

#### 7.1.3 *Préparation des éprouvettes*

- a) On enlève les revêtements extérieurs, s'il en existe. On enlève l'âme et les revêtements semi-conducteurs placés éventuellement sur l'enveloppe isolante par un procédé mécanique, c'est-à-dire sans utiliser de solvant.
- b) L'essai est effectué sur:
  1. Des éprouvettes en forme d'haltère représentées à la figure 7, page 105, toutes les fois que cette préparation est possible.
  2. Des éprouvettes en forme d'haltère représentées à la figure 8, page 105, pour les conducteurs de trop petit diamètre pour permettre l'emploi des éprouvettes selon la figure 7.
  3. Des éprouvettes tubulaires en variante aux éprouvettes en forme d'haltère, si le diamètre intérieur du conducteur ne dépasse pas 12,5 mm et lorsqu'il n'y a aucun revêtement semi-conducteur à l'intérieur de l'enveloppe isolante.

On ne doit pas obturer les extrémités des éprouvettes tubulaires.

- c) Les éprouvettes en forme d'haltère sont préparées comme il est spécifié au point a) du paragraphe 5.1.3, sauf que leurs faces sont parallèles sur toute la longueur, leur épaisseur égale à  $1,0 \pm 0,2$  mm, et que les traits de repère ne sont pas nécessaires.

Les éprouvettes tubulaires sont préparées comme il est spécifié au point b) du paragraphe 5.1.3 sans traits de repère. La surface totale de chaque éprouvette (voir le point a) du paragraphe 7.1.4) ne doit pas être inférieure à 5 cm<sup>2</sup>.

- d) Des câbles souples méplats pourvus d'une gorge entre conducteurs isolés sur chaque face doivent être essayés sans séparation des conducteurs. Pour le calcul de sa surface d'évaporation, le câble méplat peut être assimilé à deux éléments tubulaires distincts.

#### 7.1.4 *Calcul de la surface d'évaporation A*

Avant de procéder à l'essai de perte de masse, on calcule la surface *A*, en centimètres carrés, de chaque éprouvette en utilisant les formules suivantes:

- b) An analytical balance with a sensitivity of 0.1 mg.
- c) Punching dies for dumb-bell test pieces (see test method in Clause 5).
- d) A desiccator with silica gel or similar material.

### 7.1.2 Sampling

If the loss of mass test is combined with the mechanical test (Clause 5), the test pieces shall be three of those subjected to the ageing in the air oven specified in Sub-clause 6.1.3, one specimen for each core.

Alternatively, three of the other test pieces prepared from each core in accordance with Clause 5 may be used, if they are not required for other purposes and if their thickness complies with Item c) of Sub-clause 7.1.3.

Otherwise, three samples, each about 100 mm long, of each core or the insulation from each core to be tested shall be taken and a test piece prepared from each one in the same way as for Clause 5.

### 7.1.3 Preparation of test pieces

- a) Any covering shall be removed. The conductor shall be removed and semiconducting layers on the insulation—if any—shall be removed mechanically i.e. without using solvent.
- b) The test shall be made on:
  1. Dumb-bell test pieces illustrated in Figure 7, page 105, whenever practicable.
  2. Dumb-bell test pieces illustrated in Figure 8, page 105, if the core dimensions are too small to permit dumb-bells according to Figure 7 to be used.
  3. Tubular test pieces, as an alternative to dumb-bells, for inner diameters not exceeding 12.5 mm, provided that there is not an adherent semiconducting layer on the inside of the insulation.

The ends of tubular test pieces shall not be closed.

- c) Dumb-bell test pieces shall be prepared as specified in Item a) of Sub-clause 5.1.3, except that the test pieces shall have two parallel surfaces over the whole length, their thickness shall be  $1.0 \pm 0.2$  mm, and marker lines are not required.

Tubular test pieces shall be prepared as specified in Item b) of Sub-clause 5.1.3 without applying marker lines. The total surface area of each test piece (see Item a) of Sub-clause 7.1.4) shall be not less than 5 cm<sup>2</sup>.

- d) Flat twin flexible cords provided with a groove on both sides between the insulated cores shall be tested without separation of the cores. For calculation of its surface of evaporation, the twin cord may be considered as being two separated tubular pieces.

### 7.1.4 Calculation of the evaporation area *A*

The surface area *A*, in square centimetres, of each test piece shall be determined before conducting the loss of mass test using the following formulae:

a) *Pour les éprouvettes tubulaires :*

Surface  $A$  = surface extérieure + surface intérieure + surface des tranches

$$A = \frac{2\pi (D - \delta) \times (l + \delta)}{100} \quad \text{cm}^2$$

où :

$\delta$  = épaisseur moyenne de l'éprouvette en millimètres avec deux décimales si  $\delta \leq 0,4$  mm, et une décimale pour les épaisseurs supérieures

$D$  = diamètre extérieur moyen de l'éprouvette en millimètres avec deux décimales si  $D \leq 2$  mm, et une décimale pour les diamètres supérieurs

$l$  = longueur de l'éprouvette en millimètres avec une décimale

$\delta$  et  $D$  étant mesurés comme prescrit dans la méthode d'essais de l'article 4 (paragraphes 4.1 et 4.2) sur une tranche mince coupée à l'extrémité de chaque éprouvette tubulaire.

La formule est aussi applicable aux éprouvettes tubulaires dont la section est celle qui est représentée à la figure 2, page 104).

b) *Pour les éprouvettes en forme d'haltère selon la figure 8, page 105*

$$A = \frac{624 + (118 \delta)}{100} \quad \text{cm}^2$$

c) *Pour les éprouvettes en forme d'haltère selon la figure 7, page 105*

$$A = \frac{1\,256 + (180 \delta)}{100} \quad \text{cm}^2$$

Dans ces formules,  $\delta$  est l'épaisseur moyenne des éprouvettes en millimètres avec deux décimales, comme prescrit au point b) du paragraphe 5.1.4.

### 7.1.5 Mode opératoire

a) Les éprouvettes ainsi préparées doivent être placées dans un dessiccateur à la température ambiante pendant au moins 20 h. Immédiatement après la sortie du dessiccateur, on pèse chaque éprouvette avec précision, en milligrammes, avec une décimale.

b) Ensuite, les trois éprouvettes doivent être maintenues dans l'étuve à air chaud (voir le paragraphe 7.1.1) à la pression atmosphérique pendant  $7 \times 24$  h à  $80 \pm 2$  °C, sauf spécification contraire, dans les conditions suivantes :

- on ne doit pas essayer en même temps dans la même étuve des mélanges de compositions nettement différentes ;
- les éprouvettes doivent être suspendues verticalement au milieu de l'étuve, chacune séparée d'au moins 20 mm de toute autre éprouvette ;
- le volume occupé par les éprouvettes ne doit pas dépasser 0,5% du volume de l'étuve.

c) Après ce traitement thermique, les éprouvettes doivent être de nouveau placées dans un dessiccateur à la température ambiante pendant 20 h. Elles sont ensuite pesées avec précision, en milligrammes, avec une décimale.

Pour chaque éprouvette, la différence entre les masses déterminées au point a) et au point c) doit être calculée et arrondie au milligramme le plus proche.

a) *For tubular specimens*

Surface  $A$  = outer surface + inner surface + cut surface

$$A = \frac{2\pi (D - \delta) \times (l + \delta)}{100} \text{ cm}^2$$

where:

$\delta$  = mean value of the thickness of the test piece, in millimetres, to two decimal places if  $\delta \leq 0.4$  mm, and to one decimal place above this limit

$D$  = mean value of outer diameter of the test piece, in millimetres, to two decimal places if  $D \leq 2$  mm, and to one decimal place above this limit

$l$  = length of the test piece, in millimetres, to one decimal place

both  $\delta$  and  $D$  being measured as specified in the test method in Clause 4 (Sub-clauses 4.1 and 4.2) on a thin slice cut from the end of each tubular test piece.

The formula may be applied also to a tubular test piece having a cross-section as shown in Figure 2, page 104

b) *For dumb-bell test piece size of Figure 8, page 105*

$$A = \frac{624 + (118 \delta)}{100} \text{ cm}^2$$

c) *For dumb-bell test piece size of Figure 7, page 105*

$$A = \frac{1256 + (180 \delta)}{100} \text{ cm}^2$$

Wherein  $\delta$  is the mean thickness of the strips, in millimetres, to two decimal places, determined as specified in Item b) of Sub-clause 5.1.4.

7.1.5 *Test procedure*

- a) The prepared test pieces shall be placed for at least 20 h at ambient temperature in a desiccator. Immediately after removal from the desiccator, each test piece shall be weighed accurately, in milligrams, to one decimal place.
- b) Thereafter, the three test pieces shall be maintained in the oven (see Sub-clause 7.1.1), in air at atmospheric pressure for  $7 \times 24$  h at  $80 \pm 2$  °C, unless otherwise specified, under the following conditions:
  - compounds of obviously different compositions shall not be tested at the same time in the same oven;
  - test pieces shall be suspended vertically in the middle of the oven so that each piece is at least 20 mm from any other piece;
  - not more than 0.5% of the oven volume shall be occupied by the test pieces.
- c) After this heat treatment, the test pieces shall again be placed for 20 h in a desiccator at ambient temperature and each test piece shall then be re-weighed accurately, in milligrams, to one decimal place.

The difference between the weights determined in Item a) and in Item c), for each test piece, shall be calculated and rounded off to the nearest milligram.

### 7.1.6 *Expression des résultats*

On détermine la perte de masse de chaque éprouvette en divisant sa «différence de masse» (voir le point *c*) du paragraphe 7.1.5) en milligrammes, par sa surface (voir le paragraphe 7.1.4) en centimètres carrés.

La valeur médiane obtenue sur les trois éprouvettes prélevées sur chaque conducteur isolé, exprimée en milligrammes par centimètre carré, est retenue comme perte de masse du conducteur considéré.

## 7.2 *Essai de perte de masse pour les gaines de p.c.v.*

### 7.2.1 *Matériel d'essai*

(Voir le paragraphe 7.1.1.)

### 7.2.2 *Echantillonnage*

On doit prélever trois échantillons de gaine comme indiqué au paragraphe 7.1.2.

### 7.2.3 *Préparation des éprouvettes*

On enlève tous les éléments constitutifs sous la gaine (et au-dessus s'il en existe) en prenant soin de ne pas endommager la gaine et on prépare les éprouvettes comme il est spécifié au paragraphe 7.1.3.

### 7.2.4 *Calcul de la surface d'évaporation A*

Appliquer les formules du paragraphe 7.1.4 avec les modifications suivantes:

La formule donnée pour les éprouvettes tubulaires ne s'applique que dans le cas des sections représentées sur les figures 3 et 4, page 104. Les surfaces interne et externe d'évaporation des gaines de câbles souples méplats et des câbles rigides doivent être calculées à partir des dimensions de la section de la gaine. Ces dimensions sont mesurées en millimètres avec deux décimales.

La face interne des gaines méplates présentant une saillie triangulaire peut être considérée comme plate.

### 7.2.5 *Mode opératoire*

Se conformer au paragraphe 7.1.5

### 7.2.6 *Expression des résultats*

Se conformer au paragraphe 7.1.6.

## 8. **Essai de pression à température élevée pour enveloppes isolantes et gaines de p.c.v.**

*Note.* — Cet essai n'est pas recommandé pour les enveloppes isolantes et les gaines dont l'épaisseur est inférieure à 0,4 mm.

### 8.1 *Essai des enveloppes isolantes de p.c.v.*

#### 8.1.1 *Echantillonnage*

Pour chaque conducteur isolé à essayer, on prélève trois tronçons adjacents d'un échantillon dont la longueur est comprise entre 250 mm et 500 mm. Chaque tronçon doit avoir une longueur de 50 mm à 100 mm.

Pour les câbles souples méplats sans gaine, les conducteurs ne sont pas séparés.

### 7.1.6 *Expression of results*

The loss of mass of each test piece shall be determined by dividing its “weight difference” (see Item *c*) of Sub-clause 7.1.5) in milligrams, by its surface area (see Sub-clause 7.1.4.) in square centimetres.

The median value of the results for the three test pieces from each core, expressed in milligrams per square centimetre, shall be taken as the loss in mass of the core.

## 7.2 *Loss of mass test for p.v.c. sheaths*

### 7.2.1 *Test equipment*

(See Sub-clause 7.1.1.)

### 7.2.2 *Sampling*

Three samples of the sheath shall be taken in accordance with Sub-clause 7.1.2.

### 7.2.3 *Preparation of test pieces*

All constructional elements arranged under (and, if any, over) the sheath shall be removed, taking care not to damage the sheath, and the test pieces prepared in accordance with Sub-clause 7.1.3.

### 7.2.4 *Calculation of the evaporation area $A$*

The surface of evaporation shall be calculated by the formulae given in Sub-clause 7.1.4, with the following modifications:

The formula given for tubular specimens is applicable only in the case of the cross-sections shown in Figure 3 and 4, page 104. The inner and outer surfaces of evaporation of sheaths of flat cords and cables shall be calculated from the dimensions of the cross-section of the sheath. These dimensions shall be determined in millimetres to two decimal places.

The inner side of flat sheaths, having a wedge-shaped ridge, may be considered as being flat.

### 7.2.5 *Test procedure*

In accordance with Sub-clause 7.1.5.

### 7.2.6 *Expression of results*

In accordance with Sub-clause 7.1.6.

## 8. **Pressure test at high temperature for p.v.c. insulations and sheaths**

*Note.* — This test is not recommended for thicknesses of insulations and sheaths less than 0.4 mm.

### 8.1 *Test for p.v.c. insulation*

#### 8.1.1 *Sampling*

For each core to be tested, three adjacent pieces shall be taken from a sample having a length of 250 mm to 500 mm. The length of each piece shall be 50 mm to 100 mm.

The cores of flat cords without sheath shall not be separated.

### 8.1.2 Préparation des éprouvettes

De chaque tronçon de conducteur prélevé comme indiqué au paragraphe 8.1.1, on retire mécaniquement tous les revêtements extérieurs éventuels y compris la couche semi-conductrice externe. Selon le type de câble, l'éprouvette peut avoir une section circulaire ou sectorale.

### 8.1.3 Position de chaque éprouvette dans l'appareil d'essai

Le dispositif d'empreinte est représenté à la figure 11, page 108, et consiste en une lame rectangulaire avec une arête de  $0,70 \pm 0,01$  mm de largeur, qui peut être appuyée contre l'éprouvette. Chaque éprouvette est mise en place comme le montre la figure 11, les câbles souples méplats sans gaine étant posés sur leur côté plat. Les éprouvettes de petit diamètre doivent être fixées sur le support de manière à ne pas se plier sous la pression de la lame. Les éprouvettes de conducteurs sectoraux doivent être placées sur un support profilé comme représenté à la figure 11. La force est exercée perpendiculairement à l'axe du conducteur et la lame doit également être perpendiculaire à celui-ci.

### 8.1.4 Calcul de la force de compression

La force  $F$ , en newtons, que doit exercer la lame sur l'éprouvette (des conducteurs ronds et sectoraux) est donnée par la formule:

$$F = k \sqrt{2 D \delta - \delta^2}$$

où:

$k$  est un coefficient fixé dans la norme particulière au type de câble considéré ou à défaut, égal à:

$k = 0,6$  pour les câbles et conducteurs souples

$k = 0,6$  pour les câbles d'installation fixe dont  $D \leq 10$  mm

$k = 0,8$  pour les câbles d'installation fixe dont  $D > 10$  mm

$\delta$  = valeur moyenne de l'épaisseur de l'enveloppe isolante de l'éprouvette

$D$  = valeur moyenne du diamètre extérieur de l'éprouvette

$\delta$  et  $D$  sont exprimées en millimètres avec une décimale, et mesurées comme prescrit dans la méthode d'essai de l'article 4 sur une tranche mince coupée à l'extrémité de l'éprouvette considérée.

Pour les conducteurs sectoraux,  $D$  est la valeur moyenne du diamètre de la partie circulaire du secteur, en millimètres, avec une décimale, déterminée au moyen d'un mètre-ruban, à partir de trois mesures de la circonférence de l'assemblage des conducteurs (les mesures étant effectuées en trois endroits différents sur les conducteurs assemblés).

La force appliquée sur les câbles méplats sans gaine est égale au double de la valeur donnée par la formule ci-dessus,  $D$  étant la valeur moyenne de la plus petite dimension de l'éprouvette décrite au paragraphe 8.1.1.

La force calculée peut être arrondie au chiffre inférieur mais pas à plus de 3%.

### 8.1.5 Chauffage des éprouvettes chargées

L'essai doit être effectué dans l'air (c'est-à-dire dans une étuve). La température de l'air doit être maintenue en permanence à la valeur prescrite dans la norme particulière au type de câble considéré.

L'éprouvette chargée, mais non préchauffée, est maintenue en position d'essai pendant la durée spécifiée dans la norme particulière au type de câble considéré ou, à défaut pendant la durée suivante:

### 8.1.2 Preparation of test pieces

From each core piece taken in accordance with Sub-clause 8.1.1, any covering including semiconducting layer, if any, shall be removed mechanically. According to the type of cable, the test piece may have a circular or sector-shaped cross-section.

### 8.1.3 Position of each test piece in the test apparatus

The indentation device is shown in Figure 11, page 108, and consists of a rectangular blade with an edge  $0.70 \pm 0.01$  mm wide, which can be pressed against the test piece. Each test piece shall be placed in the position shown in Figure 11. Flat cords without sheaths shall be laid on their flat side. Test pieces having a small diameter shall be fixed on the support in such a manner that they do not curve under pressure of the blade. Test pieces of sector-shaped cores shall be placed on a support provided with a fitting sector-shaped profile as shown in Figure 11. The force shall be applied in a direction perpendicular to the axis of the core; the blade shall also be perpendicular to the axis of the core.

### 8.1.4 Calculation of the compressing force

The force  $F$ , in newtons, which shall be exerted by the blade upon the test piece (of both round and sector-shaped cores) is given by the formula:

$$F = k \sqrt{2 D \delta - \delta^2}$$

where:

$k$  is a coefficient which shall be as specified in the relevant cable standard if a value is given, or, if no value is specified in the cable standard, shall be:

$k = 0.6$  for flexible cords and cores of flexible cables

$k = 0.6$  for cores, with  $D \leq 10$  mm, for cables for fixed installations

$k = 0.8$  for cores, with  $D > 10$  mm, for cables for fixed installations

$\delta$  = mean value of the thickness of the insulation of the test piece

$D$  = mean value of the outer diameter of the test piece

$\delta$  and  $D$  are both expressed in millimetres, to one decimal place, and measured as specified in the test method in Clause 4 on a thin slice cut from the end of the test piece.

For sector-shaped cores,  $D$  is the mean value of the diameter of the "back" or circular part of the sector, in millimetres, to one decimal place, determined from three measurements, by measuring tape, of the circumference of the core assembly (the measurements being made at three different places on the assembled cores).

The force applied upon the test piece of flat cord without sheath shall be twice the value given by the above formula, where  $D$  is the mean value of the minor dimension of the test piece described in Sub-clause 8.1.1.

The calculated force may be rounded off downwards by not more than 3%.

### 8.1.5 Heating of the loaded test pieces

The test shall be carried out in air (i.e. in an oven). The temperature of the air shall be maintained continuously at the value specified in the relevant cable standard.

The loaded, but not pre-heated, test piece shall be kept in the test position for the time specified in the relevant cable standard, or, if the time is not specified in the cable standard, for the following time:

- 4 h pour les conducteurs de câbles dont la tension spécifiée ne dépasse pas 1,8/3 kV et dont la section est au plus égale à 35 mm<sup>2</sup>;
- 6 h pour les conducteurs de câbles dépassant les limites ci-dessus et pour tous les câbles de tension spécifiée supérieure à 1,8/3 kV.

#### 8.1.6 Refroidissement rapide des éprouvettes chargées

A la fin des durées prescrites (voir le paragraphe 8.1.5), l'éprouvette doit être refroidie rapidement sous charge. Dans l'étuve, cette opération peut être effectuée en arrosant d'eau froide l'éprouvette à l'endroit sur lequel appuie la lame.

L'éprouvette doit être retirée de l'appareil lorsqu'elle est refroidie à la température à laquelle la reprise de l'enveloppe isolante ne doit plus se produire; l'éprouvette est ensuite refroidie par immersion dans de l'eau froide.

#### 8.1.7 Mesure de l'empreinte

Immédiatement après refroidissement, on prépare l'éprouvette pour déterminer la profondeur de l'empreinte.

On retire l'âme conductrice de manière à obtenir une éprouvette tubulaire.

On découpe une tranche mince dans l'éprouvette, parallèlement à l'axe du conducteur et perpendiculairement à l'empreinte comme représenté à la figure 12, page 108.

On pose la tranche à plat sous un microscope de mesure, ou sous un projecteur de mesure, puis on règle le réticule sur le fond de l'empreinte et le côté extérieur de l'éprouvette comme représenté à la même figure.

Pour les petites éprouvettes, jusqu'à environ 6 mm de diamètre extérieur, on effectue deux coupes transversales, l'une au droit de l'empreinte et l'autre à proximité comme représenté à la figure 13, page 109, et l'on détermine la profondeur de l'empreinte par différence entre les mesures au microscope sur les vues en coupe 1 et 2 comme représenté à la même figure.

Toutes les mesures doivent être exprimées en millimètres avec deux décimales.

#### 8.1.8 Prescription

La valeur médiane des profondeurs d'empreintes, mesurées sur les trois éprouvettes prélevées sur chaque conducteur ne doit pas être supérieure à 50% de la valeur moyenne de l'épaisseur de l'enveloppe isolante de l'éprouvette (mesurée comme indiqué au paragraphe 8.1.4).

*Note.* — La valeur de 50% est inséparable du principe de la formule et est la même pour tous les matériaux. La sévérité de l'essai peut être modifiée par le seul changement du facteur  $k$ , sans modifier la valeur de 50%.

### 8.2 Essai des gaines de p.c.v.

#### 8.2.1 Echantillonnage

Chaque gaine de câble doit être représentée par trois tronçons adjacents prélevés sur un échantillon dont la longueur est comprise entre 250 mm et 500 mm, et dont on sépare les revêtements externes (s'il y a lieu) et tous les éléments internes (conducteurs, bourrages, revêtements internes, armures, etc., s'il y a lieu).

Chaque tronçon de gaine doit avoir une longueur de 50 mm à 100 mm (longueurs les plus grandes pour les diamètres les plus importants).

- 4 h for cores of cables having a rated voltage not exceeding 1.8/3 kV and a conductor cross-section not exceeding 35 mm<sup>2</sup>;
- 6 h for cores of cables exceeding the above limits and of all cables having a rated voltage exceeding 1.8/3 kV.

#### 8.1.6 *Chilling of the loaded test pieces*

At the end of the specified durations (see Sub-clause 8.1.5), the test piece shall be chilled under load. In the oven, this operation may be carried out by spraying the test piece with cold water on the spot where the blade is pressing.

The test piece shall be removed from the apparatus when it has cooled to a temperature where recovery of the insulation no longer occurs; the test piece shall then be cooled further by immersion in cold water.

#### 8.1.7 *Measurement of the indentation*

Immediately after cooling, the test piece shall be prepared for determining the depth of indentation.

The conductor shall be withdrawn leaving the test piece in the form of a tube.

A narrow strip shall be cut from the test piece in the direction of the axis of the core, perpendicular to the indentation as shown in Figure 12, page 108.

The strip shall be laid flat under a measuring microscope or a measuring projector and the cross-wire shall be adjusted to the bottom of the indentation and the outside of the test piece as shown in the same figure.

Small test pieces, up to about 6 mm external diameter, shall be twice cut transversely at and near the indentation, as shown in Figure 13, page 109, and the depth of the indentation shall be determined by difference from the microscope measurements on sectional views 1 and 2 as shown in the same figure.

All measurements shall be made in millimetres to two decimal places.

#### 8.1.8 *Requirement*

The median of the indentation values, measured on the three test pieces taken from each core, shall be not more than 50% of the mean value of the thickness of the insulation of the test piece (as measured in accordance with Sub-clause 8.1.4):

*Note.* — The value of 50% is inseparable from the underlying principle of the formula and is the same for all materials. The severity of the test can be changed by variation of the factor  $k$  only, without altering the value of 50%.

### 8.2 *Test for p.v.c. sheaths*

#### 8.2.1 *Sampling*

For each sheath to be tested, three adjacent pieces shall be taken from a sample having a length of 250 mm to 500 mm from which the covering (if any) and all the internal parts (cores, fillers, inner covering, armour, etc., if any) have been removed.

The length of each sheath piece shall be 50 mm to 100 mm (the greater values for the larger diameters).

### 8.2.2 Préparation des éprouvettes

Dans chaque tronçon de gaine (voir le paragraphe 8.2.1), on découpe, parallèlement à l'axe du câble, une bande couvrant environ un tiers de la circonférence, si la gaine n'a pas d'empreintes.

Si la gaine présente des empreintes résultant de son application sur un assemblage de plus de cinq conducteurs isolés, la bande doit être coupée de la même manière et les empreintes doivent être enlevées par meulage.

Si la gaine présente des empreintes correspondant à cinq conducteurs ou moins, la bande doit être coupée parallèlement aux empreintes, de manière qu'elle comporte au moins l'une des empreintes au milieu de sa largeur et sur toute sa longueur.

Si la gaine est appliquée directement sur une âme concentrique, une armure ou un écran métallique et présente, par la suite, des empreintes qui ne peuvent être éliminées par meulage ou coupe (sauf si le diamètre est grand), la gaine n'est pas retirée et on utilise le tronçon de câble complet comme éprouvette.

### 8.2.3 Position de l'éprouvette dans l'appareil d'essai

Le dispositif d'empreinte doit être le même que celui qui est défini au paragraphe 8.1.3 et représenté à la figure 11, page 108.

Les bandes sont portées par une broche ou un tube métallique qui peut être coupé en deux selon un plan passant par son axe pour former un support plus stable.

Le rayon de la broche ou du tube doit être approximativement égal à la moitié du diamètre intérieur de l'éprouvette.

L'appareil, la bande et la broche (tube) support, doivent être disposés de telle façon que la broche supporte la bande et que la lame soit appuyée contre la surface extérieure de l'éprouvette.

La force est appliquée perpendiculairement à l'axe de la broche (ou du câble lorsqu'un tronçon de câble complet est utilisé) et la lame doit également être perpendiculaire à l'axe de la broche ou du tube (ou du câble si un câble complet est utilisé).

### 8.2.4 Calcul de la force de compression

Sauf spécification contraire, la force  $F$ , en newtons, que doit exercer la lame sur chaque éprouvette de gaine, est donnée par la formule:

$$F = k \sqrt{2 D \delta - \delta^2}$$

où:

$k$  est un coefficient fixé dans la norme particulière au type de câble considéré ou, à défaut, égal à:

$k = 0,6$  pour les câbles et conducteurs souples

$k = 0,6$  pour les câbles d'installation fixe dont  $D \leq 10$  mm

$k = 0,8$  pour les câbles d'installation fixe dont  $D > 10$  mm; et où:

$\delta$  = valeur moyenne de l'épaisseur de l'éprouvette de la gaine

$D$  = valeur moyenne du diamètre extérieur de l'éprouvette de la gaine ou, dans le cas d'un câble méplat, dimension minimale extérieure de l'éprouvette de la gaine

$\delta$  et  $D$  sont exprimées en millimètres avec une décimale et mesurées comme prescrit dans la méthode d'essai de l'article 4, paragraphes 4.2 et 4.3 respectivement. ( $D$  est le diamètre du câble sur lequel le tronçon a été prélevé.)

La force calculée peut être arrondie au chiffre inférieur mais pas à plus de 3%.

### 8.2.2 Preparation of test pieces

From each sheath piece (see Sub-clause 8.2.1), a strip, enclosing about one-third of the circumference, shall be cut in the direction of the axis of the cable if the sheath does not have ridges.

If the sheath has ridges caused by more than five cores, the strip shall be cut in the same manner and these ridges shall be removed by grinding.

If the sheath shows ridges caused by five or less cores, the strip shall be cut in the direction of the ridges so that it contains at least one groove which lies approximately in the middle of the strip throughout its length.

If the sheath is directly applied on a concentric conductor, an armour or a metallic screen, and therefore has ridges which cannot be ground or cut away (unless the diameter is large), the sheath shall not be removed and the whole cable piece shall be used as a test piece.

### 8.2.3 Position of the test piece in the test apparatus

The indentation device shall be the same as specified in Sub-clause 8.1.3 and shown in Figure 11, page 108.

The strips shall be supported by a metal pin or tube, which may be halved in the direction of its axis to make a more stable support.

The radius of the pin or tube shall be approximately equal to half the inner diameter of the test piece.

The apparatus, the strip and the supporting pin (tube) shall be arranged so that the pin supports the strip and the blade is pressed against the outer surface of the test piece.

The force shall be applied in a direction perpendicular to the axis of the pin (or of the cable when a whole cable piece is used) and the blade shall also be perpendicular to the axis of the pin or tube (or of the cable when a whole cable is used).

### 8.2.4 Calculation of the compressing force

Unless otherwise specified, the force  $F$ , in newtons, which shall be exerted by the blade upon each test piece of sheath, shall be as given by the formula:

$$F = k \sqrt{2 D \delta - \delta^2}$$

where:

$k$  is a coefficient which shall be as specified in the relevant cable standard if a value is given, or, if no value is specified in the cable standard, shall be:

$k = 0.6$  for flexible cords and cables

$k = 0.6$  for cables for fixed installation having a value  $D \leq 10$  mm

$k = 0.8$  for cables for fixed installation having a value  $D > 10$  mm; and where:

$\delta =$  mean value of the thickness of the test piece of the sheath

$D =$  mean value of the outer diameter of the test piece of the sheath or for the sheath of a flat cable or cord, the minor outer dimension of the test piece of the sheath

$\delta$  and  $D$  are both expressed in millimetres, to one decimal place, and measured as specified in the test method in Clause 4, Sub-clauses 4.2 and 4.3 respectively. ( $D$  is the diameter of the cable from which the piece was cut.)

The calculated force may be rounded off downwards by not more than 3%.

### 8.2.5 *Chauffage des éprouvettes chargées*

On chauffe les éprouvettes comme décrit au paragraphe 8.1.5 pendant la durée spécifiée dans la norme particulière au type de câble considéré ou, à défaut, pendant les durées suivantes :

- 4 h pour les éprouvettes ayant un diamètre extérieur ne dépassant pas 12,5 mm ;
- 6 h pour les éprouvettes de diamètre extérieur supérieur à 12,5 mm.

### 8.2.6 *Refroidissement rapide des éprouvettes chargées*

On doit refroidir les éprouvettes par la méthode décrite au paragraphe 8.1.6.

### 8.2.7 *Mesure de l'empreinte*

On doit mesurer la profondeur d'empreinte sur une tranche mince coupée dans l'éprouvette, comme indiqué au paragraphe 8.1.7 et représenté à la figure 12, page 108.

### 8.2.8 *Prescription*

La valeur médiane des profondeurs d'empreintes mesurées sur les trois éprouvettes prélevées sur la gaine soumise à l'essai ne doit pas dépasser 50% de la valeur moyenne de l'épaisseur de l'échantillon, mesurée comme l'indique le paragraphe 8.2.4.

*Note.* — La valeur de 50% est inséparable du principe de la formule et est la même pour tous les matériaux. La sévérité de l'essai peut être modifiée par le seul changement du facteur  $k$ , sans modifier la valeur de 50%.

## 9. **Essais à basse température pour enveloppes isolantes et gaines de p.c.v.**

### 9.1 *Essai de pliage à basse température pour enveloppes isolantes de p.c.v.*

#### 9.1.1 *Généralités*

Cet essai est généralement prévu pour les conducteurs ronds ayant un diamètre extérieur inférieur ou égal à 12,5 mm et pour les conducteurs sectoraux, lorsqu'il n'est pas possible de préparer des éprouvettes en forme d'haltère. Si cela est spécifié dans la norme particulière au type de câble considéré, l'essai est effectué sur des conducteurs plus importants. Dans le cas contraire, l'enveloppe isolante de ces conducteurs est soumise à l'essai d'élongation décrit au paragraphe 9.3.

#### 9.1.2 *Echantillonnage et préparation des éprouvettes*

Chaque conducteur à essayer doit être représenté par deux échantillons de longueur appropriée. Après élimination de tous les revêtements extérieurs éventuels, les échantillons doivent être utilisés comme éprouvettes.

#### 9.1.3 *Appareil*

L'appareil recommandé pour cet essai est représenté à la figure 15, page 110, accompagnée d'annotations. Il est composé essentiellement d'un mandrin rotatif et de dispositifs de guidage pour les éprouvettes.

On peut aussi utiliser d'autres appareils à un seul mandrin s'ils sont pratiquement équivalents à celui qui est représenté à la figure 15.

L'appareil doit être mis dans un réfrigérateur avant et pendant l'essai.

### 8.2.5 *Heating of the loaded test pieces*

The test pieces shall be heated as described in Sub-clause 8.1.5 for the time specified in the standard for the type of cable, or, if the time is not specified in the relevant cable standard, for the following times:

- 4 h for test pieces having an outer diameter not exceeding 12.5 mm;
- 6 h for test pieces with an outer diameter exceeding 12.5 mm.

### 8.2.6 *Chilling of the load test pieces*

The test pieces shall be chilled by the method described in Sub-clause 8.1.6.

### 8.2.7 *Measurement of the indentation*

The indentation shall be measured on a narrow strip cut from the test piece, as described in Sub-clause 8.1.7 and shown in Figure 12, page 108.

### 8.2.8 *Requirement*

The median of the indentation values measured on the three test pieces taken from the sheath under test shall be not more than 50% of the mean value of the thickness of the sample when measured in accordance with Sub-clause 8.2.4.

*Notes.* — The value of 50% is inseparable from the underlying principle of the formula and is the same for all materials. The severity of the test can be changed by variation of the factor  $k$  only, without altering the value of 50%.

## 9. **Tests at low temperature for p.v.c. insulations and sheaths**

### 9.1 *Bending test at low temperature for p.v.c. insulations*

#### 9.1.1 *General*

This test is intended in general for cores of circular cross-section having an external diameter up to and including 12.5 mm and for sector-shaped cores when it is not possible to prepare dumb-bells. If required by the relevant cable standard, the test shall be carried out on larger cores. Otherwise, the insulation of larger cores shall be subjected to the elongation test described in Sub-clause 9.3.

#### 9.1.2 *Sampling and preparation of test pieces*

Each core to be tested shall be represented by two samples of suitable length. After removal of the coverings, if any, the samples shall be used as test pieces.

#### 9.1.3 *Apparatus*

The apparatus recommended for this test is represented in Figure 15, page 110, with explanations. It consists essentially of one revolving mandrel and guiding devices for the test pieces.

Other single-mandrel apparatus, substantially equivalent to the one represented in Figure 15, may also be used.

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

#### 9.1.4 Mode opératoire

On doit fixer l'éprouvette dans l'appareil comme représenté à la figure 15, page 110.

L'appareil avec l'éprouvette en place doit être maintenu dans le réfrigérateur pendant une période d'au moins 16 h à la température d'essai spécifiée. Cette période de refroidissement de 16 h inclut le temps nécessaire à la mise en température de l'appareil.

Si toutefois l'appareil a subi un refroidissement préalable, on peut réduire la période de refroidissement, à condition qu'elle ne soit pas inférieure à 4 h et que les éprouvettes atteignent bien la température imposée. Si l'appareil et les éprouvettes ont été refroidis préalablement, une période de mise en température de 1 h après la fixation de chaque éprouvette sur l'appareil est suffisante.

A la fin de cette période, on doit tourner le mandrin en conformité avec les conditions prescrites au paragraphe 9.1.5, l'éprouvette étant guidée de manière à s'enrouler étroitement sur le mandrin pour former une hélice à spires jointives. Dans le cas d'éprouvettes de conducteurs à âmes sectoriales, la partie circulaire de l'éprouvette doit être en contact avec le mandrin.

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

#### 9.1.5 Conditions d'essais

La température de refroidissement et d'essai doit être celle qui est spécifiée pour le type de mélange de p.c.v. et indiquée dans la norme particulière au type de câble considéré.

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

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

Diamètre extérieur de l'éprouvette (mm)	Nombre de spires
Inférieur ou égal à 2,5	10
Au-dessus de 2,5 jusqu'à et y compris 4,5	6
Au-dessus de 4,5 jusqu'à et y compris 6,5	4
Au-dessus de 6,5 jusqu'à et y compris 8,5	3
Au-dessus de 8,5	2

On doit mesurer le diamètre réel de chaque éprouvette avec un pied à coulisse ou un mètre-ruban. Pour les éprouvettes de conducteurs à âmes sectoriales, le petit axe est considéré comme la dimension équivalente au diamètre pour déterminer le diamètre du mandrin et le nombre de spires.

Pour les câbles souples méplats, le diamètre du mandrin doit être défini par la plus petite dimension de l'éprouvette qui est enroulée avec son petit axe perpendiculaire à l'axe du mandrin.

#### 9.1.6 Prescription

A la fin du mode opératoire décrit au paragraphe 9.1.4, on examine les éprouvettes sans les dérouler du mandrin. L'enveloppe isolante des deux éprouvettes de conducteur ne doit pas présenter de craquelure visible à l'œil nu, normal ou corrigé, sans appareil grossisseur.

#### 9.1.4 Test procedure

The test piece shall be fixed in the apparatus, as shown in Figure 15, page 110.

The apparatus with the test piece in position shall be maintained in the refrigerator at the specified temperature for a period of not less than 16 h. The cooling period of 16 h includes the time necessary for cooling down the apparatus.

If the apparatus has been pre-cooled, a shorter cooling period is permissible, but not less than 4 h provided that the samples have attained the prescribed test temperature. If the apparatus and test specimens have been pre-cooled, a cooling time of 1 h after each test piece has been fixed to the apparatus is sufficient.

At the end of the prescribed time, the mandrel shall be rotated, complying with the conditions specified in Sub-clause 9.1.5, the test piece being guided so that it is bent tautly round the mandrel in a close helix. In the case of sector-shaped test pieces, the circular "back" part of the test piece shall be in contact with the mandrel.

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

#### 9.1.5 Test conditions

The cooling and test temperature shall be as specified for type of p.v.c. compound in the relevant cable standard.

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

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

Overall diameter of the test piece (mm)	Number of turns
Up to and including 2.5	10
Over 2.5 up to and including 4.5	6
Over 4.5 up to and including 6.5	4
Over 6.5 up to and including 8.5	3
Over 8.5	2

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

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

#### 9.1.6 Requirement

At the end of the procedure described in Sub-clause 9.1.4, the test pieces shall be examined while still on the mandrel. The insulation of both test pieces shall not show any crack when examined with normal or corrected vision without magnification.

## 9.2 *Essai de pliage à basse température pour les gaines de p.c.v.*

### 9.2.1 *Généralités*

Cet essai est généralement prévu pour les câbles ayant un diamètre extérieur inférieur ou égal à 12,5 mm. Dans le cas des câbles méplats, l'essai est applicable jusqu'à une largeur ne dépassant pas 20 mm. Si cela est spécifié dans la norme particulière au type de câble considéré, l'essai est aussi effectué sur des câbles plus importants. Dans le cas contraire, la gaine de ces câbles est soumise à l'essai d'allongement décrit au paragraphe 9.4.

### 9.2.2 *Echantillonnage et préparation des éprouvettes*

Sur chaque gaine à essayer on prélève deux tronçons de câbles complets de longueur appropriée.

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

### 9.2.3 *Appareil, mode opératoire et conditions d'essais*

En conformité avec les paragraphes 9.1.3, 9.1.4 et 9.1.5.

Dans le cas des câbles ayant une armure ou une âme conductrice concentrique sous la gaine extérieure, le diamètre du mandrin doit être défini dans la norme particulière au type de câble considéré.

### 9.2.4 *Prescription*

A la fin du mode opératoire décrit au paragraphe 9.1.4, on examine les éprouvettes sans les dérouler du mandrin. La gaine des deux éprouvettes ne doit pas présenter de craquelure visible à l'œil nu, normal ou corrigé, sans appareil grossisseur.

## 9.3 *Essai d'allongement à basse température pour enveloppes isolantes de p.c.v.*

### 9.3.1 *Généralités*

Cet essai est prévu pour les enveloppes isolantes des conducteurs qui ne sont pas soumis à l'essai de pliage spécifié au paragraphe 9.1.1.

### 9.3.2 *Echantillonnage*

Chaque conducteur à essayer doit être représenté par deux échantillons de longueur appropriée.

### 9.3.3 *Préparation des éprouvettes*

Après avoir retiré tous les revêtements (y compris la couche semi-conductrice externe, s'il y a lieu), on fend l'enveloppe isolante parallèlement à l'axe du conducteur, puis on retire l'âme et, si elle existe, la couche semi-conductrice interne.

L'enveloppe isolante ne doit être ni meulée ni coupée si son épaisseur moyenne spécifiée ne dépasse pas 2,0 mm. On meule ou coupe les échantillons ayant une épaisseur supérieure, de façon à obtenir une épaisseur régulière de l'échantillon et en veillant à éviter un échauffement excessif. Après meulage ou coupe, l'épaisseur ne doit pas être inférieure à 0,8 mm.

Tous les échantillons doivent être conditionnés pendant au moins 16 h à la température ambiante.

Après cette préparation, trois éprouvettes en forme d'haltère conformes à la figure 7, page 105, ou à la figure 8, page 105, si nécessaire, sont découpées parallèlement à l'axe de chaque échantillon; si cela est possible, on découpe deux haltères placés côte à côte.

## 9.2 *Bending test at low temperature for p.v.c. sheaths*

### 9.2.1 *General*

This test is intended in general for cables with an overall diameter up to and including 12.5 mm, and for flat cables, a width up to and including 20 mm. If required by the relevant cable standard, the test shall also be carried out on larger cables. Otherwise, the sheath of larger cables shall be subjected to the elongation test described in Sub-clause 9.4.

### 9.2.2 *Sampling and preparation of test pieces*

For each sheath to be tested, two pieces of cable, of suitable length, shall be taken.

Before starting the test, any covering shall be removed from the sheath.

### 9.2.3 *Apparatus, procedure and test conditions*

In compliance with Sub-clauses 9.1.3, 9.1.4 and 9.1.5.

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

### 9.2.4 *Requirement*

At the end of the procedure described in Sub-clause 9.1.4, the test pieces shall be examined while still on the mandrel. The sheath of both test pieces shall not show any crack when examined with normal or corrected vision without magnification.

## 9.3 *Elongation test at low temperature for p.v.c. insulation*

### 9.3.1 *General*

This test is intended for the insulation of cores not subjected to the bend test, as specified in Sub-clause 9.1.1.

### 9.3.2 *Sampling*

Each core to be tested shall be represented by two samples of suitable length.

### 9.3.3 *Preparation of test pieces*

After all covering (including outer semiconducting layer, if any) has been removed, the insulation shall be cut open in the direction of the axis, after which the conductor and the internal semiconducting layer, if any, shall be removed.

The insulation need not be ground or cut if its mean specified thickness does not exceed 2.0 mm. Samples having a thickness exceeding this limit shall be ground or cut to obtain a regular thickness of the sample, care being taken to avoid undue heating. After grinding or cutting, the thickness shall be not less than 0.8 mm.

All samples shall be conditioned at ambient temperature for at least 16 h.

After this preparation, three dumb-bells from each sample in accordance with Figure 7, page 105, or if necessary Figure 8, page 105, shall be punched in the direction of the axis of each sample; if possible, two dumb-bells shall be punched side by side.

Pour les conducteurs à âmes sectoriales, les haltères doivent être découpés dans la partie circulaire du conducteur.

Les haltères doivent être marqués conformément au dernier alinéa du point *b*) du paragraphe 5.1.3 si l'appareil utilisé permet la lecture directe de la distance entre les traits de repère pendant l'essai.

#### 9.3.4 *Appareil*

Cet essai est effectué sur une machine de traction normale munie d'un dispositif de refroidissement, ou sur une machine de traction installée dans une chambre froide.

Si l'on utilise un liquide comme réfrigérant, la période de conditionnement ne doit pas être inférieure à 10 min à la température d'essai spécifiée.

Si le refroidissement est effectué dans l'air, la période de conditionnement pour le refroidissement simultané de l'appareil et de l'éprouvette ne doit pas être inférieure à 4 h. Si l'appareil a été refroidi préalablement, ce temps peut être réduit à 2 h et, si l'appareil et l'éprouvette ont été refroidis préalablement, le temps de conditionnement après que l'éprouvette a été disposée dans l'appareil ne doit pas être inférieur à 30 min.

Si l'on utilise un liquide pour le refroidissement, il ne doit pas altérer la matière de l'enveloppe isolante ou celle de la gaine.

Il est préférable que l'appareil permette la mesure directe de la longueur entre les traits de repère de l'éprouvette pendant l'essai d'allongement, mais il est aussi admis d'employer un appareil où l'allongement est mesuré par la distance entre les mâchoires.

*Note.* — Un mélange d'éthanol ou de méthanol et de CO<sub>2</sub> solide constitue un réfrigérant approprié pour l'essai des mélanges de p.c.v.

#### 9.3.5 *Mode opératoire*

Les mâchoires de l'appareil de traction doivent être du type sans serrage automatique.

Les haltères sont serrés sur la même longueur de chaque côté dans les deux mâchoires refroidies au préalable.

La distance entre les deux mâchoires doit être voisine de 30 mm pour les deux types d'haltère en cas de lecture directe de la distance entre les marques au cours de l'allongement.

Si c'est au contraire le déplacement des mâchoires qui est mesuré, la distance entre les mâchoires doit être de  $30 \pm 0,5$  mm pour les haltères conformes à la figure 7, page 105, et de  $22 \pm 0,5$  mm pour les haltères conformes à la figure 8, page 105.

La vitesse d'écartement des mâchoires de la machine de traction doit être de  $25 \pm 5$  mm/min.

La température d'essai doit être celle qui est spécifiée pour le type de mélange de p.c.v. et indiquée dans la norme particulière au type de câble considéré.

L'allongement est déterminé par la mesure de la distance entre les traits de repère, si cela est possible, ou entre les mâchoires au moment de la rupture.

#### 9.3.6 *Evaluation des résultats et prescription*

Pour le calcul de l'allongement, l'augmentation de la distance entre les traits de repère est rapportée à la distance initiale de 20 mm (ou 10 mm en cas d'emploi de l'haltère selon la figure 8), puis exprimée en pourcentage de cette distance.

For sector-shaped cores, the dumb-bells shall be punched out of the “back” of the core.

The dumb-bells shall be marked in accordance with the last paragraph of Item *b*) of Sub-clause 5.1.3 if an apparatus is used which allows the direct measurement of the distance between the marker lines during the test.

#### 9.3.4 Apparatus

The test may be carried out on a normal tensile machine provided with a cooling device or on a tensile machine installed in a cooling chamber.

Using a liquid as the refrigerant, the conditioning time shall be not less than 10 min at the specified test temperature.

When cooling in air, the conditioning time for cooling the apparatus and test piece together shall be at least 4 h. If the apparatus has been pre-cooled, this period may be reduced to 2 h, and if the apparatus and test piece have been pre-cooled, the conditioning time after the test piece has been fixed in the apparatus shall be not less than 30 min.

If a liquid mixture is used for cooling, it shall not impair the insulating or sheathing material.

An apparatus which allows direct measurement of the distance between the marker lines during the elongation test is preferred but it is also permissible to use an apparatus with which the displacement between the grips can be measured.

*Note.* — A suitable refrigerant for testing p.v.c. is a mixture of ethyl-alcohol or methyl-alcohol with solid CO<sub>2</sub>.

#### 9.3.5 Test procedure

The grips of the tensile apparatus shall be of a non-self-tightening type.

In both pre-cooled grips, the dumb-bells shall be clamped over the same length.

The free length between the grips shall be about 30 mm for both types of dumb-bells if the direct measurement of the distance between the marker lines is to be made during the test.

If the displacement of the grips is to be measured, the free length between the grips shall be  $30 \pm 0.5$  mm for the dumb-bell in accordance with Figure 7, page 105, and  $22 \pm 0.5$  mm for the dumb-bell in accordance with Figure 8, page 105.

The speed of separation of the grips of the tensile machine shall be  $25 \pm 5$  mm/min.

The test temperature shall be as specified for the type of p.v.c. compound in the relevant cable standard.

The elongation shall be determined by measuring the distance between the marker lines, if possible, or between the grips at the moment of the rupture.

#### 9.3.6 Evaluation of the results and requirement

For calculating the elongation, the increase of the distance between the marker lines shall be related to the initial distance of 20 mm (or 10 mm if dumb-bell in accordance with Figure 8 is used), and expressed as a percentage of this distance.

Si, en variante, on adopte la méthode consistant à mesurer la distance entre mâchoires, l'accroissement de cette distance doit être comparé à la distance initiale, c'est-à-dire 30 mm pour les haltères conformes à la figure 7, page 105, et 22 mm pour les haltères conformes à la figure 8, page 105. Dans cette méthode, on doit examiner l'éprouvette avant de la retirer de l'appareil; on doit écarter le résultat obtenu si l'éprouvette a glissé, même partiellement, dans les mâchoires. Au moins trois résultats valables sont exigés pour le calcul de l'allongement, sinon l'essai doit être répété.

Sauf spécification contraire, aucun des résultats valables ne doit être inférieur à 20%.

En cas de litige, on utilise la méthode utilisant les traits de repère.

#### 9.4 *Essai d'allongement à basse température pour les gaines de p.c.v.*

##### 9.4.1 *Généralités*

Cet essai est prévu pour les gaines de câbles qui ne sont pas soumises à l'essai de pliage spécifié au paragraphe 9.2.1.

##### 9.4.2 *Echantillonnage*

Chaque gaine à essayer doit être représentée par deux échantillons de longueur appropriée.

##### 9.4.3 *Préparation des éprouvettes*

Après avoir retiré tous les revêtements, on fend la gaine parallèlement à l'axe du câble, puis on retire les conducteurs, les bourrages et, s'il en existe, les autres parties internes.

Pour les câbles avec âme conductrice concentrique ou armure, on doit couper une bande de gaine en suivant les empreintes des éléments métalliques.

La gaine n'a besoin d'être ni meulée ni coupée si son épaisseur moyenne spécifiée ne dépasse pas 2,0 mm. On meule ou coupe les échantillons ayant une épaisseur supérieure, de façon à obtenir une épaisseur régulière de l'échantillon et en veillant à éviter un échauffement excessif.

Après meulage ou coupe, l'épaisseur ne doit pas être inférieure à 0,8 mm. Toutes les bandes doivent être conditionnées pendant au moins 16 h à la température ambiante.

Après cette préparation, trois éprouvettes en forme d'haltère conformes à la figure 7, ou à la figure 8, si nécessaire, sont découpées parallèlement à l'axe de chaque échantillon; si cela est possible, on découpe deux haltères placés côte à côte.

Les haltères doivent être marqués conformément au dernier alinéa du point *b*) du paragraphe 5.1.3 si l'appareil utilisé permet la lecture directe de la distance entre les traits de repère pendant l'essai.

##### 9.4.4 *Appareil*

Se conformer au paragraphe 9.3.4.

##### 9.4.5 *Mode opératoire et conditions d'essai*

Se conformer au paragraphe 9.3.5.

##### 9.4.6 *Evaluation des résultats et prescription*

Se conformer au paragraphe 9.3.6.

If the alternative method of measuring the distance between the grips is used, the increase of this distance shall be related to the original distance, being 30 mm for the dumb-bell in accordance with Figure 7, page 105, and 22 mm for the dumb-bell according to Figure 8, page 105. When this method is used, the test piece shall be examined before being removed from the apparatus; if the test piece has partly slipped out of the grips, the result shall be ignored. At least three valid results are required for calculating the elongation, otherwise the test shall be repeated.

Unless otherwise specified, none of the valid results shall be less than 20%.

In case of dispute, the method employing marker lines shall be used.

#### 9.4 *Elongation test at low temperature for p.v.c. sheaths*

##### 9.4.1 *General*

This test is intended for the sheaths of cables not subjected to the bend test as specified in Sub-clause 9.2.1

##### 9.4.2 *Sampling*

Each sheath to be tested shall be represented by two samples of suitable length.

##### 9.4.3 *Preparation of test pieces*

After any covering has been removed, the sheath shall be cut open in the direction of the axis, after which the cores and fillers and other internal parts (if any) shall be removed.

For cables with concentric conductor or armour, a strip of sheath shall be cut following the imprints caused by the metal elements.

The sheath need not be ground or cut if its mean specified thickness does not exceed 2.0 mm. Samples having a thickness exceeding this limit shall be ground or cut to obtain a regular thickness of the sample, care being taken to avoid undue heating.

After grinding or cutting, the thickness shall be not less than 0.8 mm. All strips shall be conditioned at ambient temperature for at least 16 h.

After this preparation, three dumb-bells from each sample in accordance with Figure 7, or if necessary Figure 8, shall be punched in the direction of the axis of each sample; if possible, two dumb-bells shall be punched side by side.

The dumb-bells shall be marked in accordance with the last paragraph of Item *b*) of Sub-clause 5.1.3 if an apparatus is used which allows the direct measurement of the distance between the marker lines during the test.

##### 9.4.4 *Apparatus*

In accordance with Sub-clause 9.3.4.

##### 9.4.5 *Procedure and test conditions*

In accordance with Sub-clause 9.3.5.

##### 9.4.6 *Evaluation of the results and requirement*

In accordance with Sub-clause 9.3.6.

## 9.5 Essai de choc à basse température pour les enveloppes isolantes et les gaines de p.v.c.

### 9.5.1 Généralités

L'essai de choc à froid est applicable à tous les types de câbles avec gaine de p.c.v., quel que soit l'isolant des conducteurs, et aux enveloppes isolantes de p.c.v. des fils et câbles souples ronds ou méplats, sans gaine de p.c.v. dans la mesure où la norme particulière au type de câble considéré le prescrit.

L'enveloppe isolante de p.c.v. des câbles avec gaine n'est pas soumise directement à l'essai de choc à froid.

### 9.5.2 Echantillonnage et préparation des éprouvettes

Trois échantillons de câble complet d'une longueur au moins égale à cinq fois le diamètre du câble, avec un minimum de 150 mm, sont prélevés.

Tous les revêtements extérieurs, s'il en existe, sont retirés.

### 9.5.3 Appareil

L'appareil à utiliser pour cet essai est représenté à la figure 16, page 111.

L'appareil reposant sur un bloc de caoutchouc mousse de 40 mm d'épaisseur doit être placé dans un réfrigérateur avant et pendant l'essai.

### 9.5.4 Conditions d'essais

La température d'essai doit être celle qui est spécifiée pour le type de mélange de p.c.v. et indiquée dans la norme particulière au type de câble considéré.

Pour les câbles d'énergie d'installation fixe, la masse du marteau destiné à l'essai des échantillons doit être conforme aux valeurs données dans le tableau ci-dessous:

Diamètre extérieur (mm)		Masse du marteau (g)
Au-dessus de	Jusqu'à (inclus)	
—	4,0	100
4,0	6,0	200
6,0	9,0	300
9,0	12,5	400
12,5	20,0	500
20,0	30,0	750
30,0	50,0	1 000
50,0	75,0	1 250
75,0	—	1 500

Pour les câbles et conducteurs souples et les câbles de télécommunication, la masse du marteau destiné à l'essai doit être conforme aux valeurs données dans le tableau ci-après:

## 9.5 Impact test at low temperature for p.v.c. insulations and sheaths

### 9.5.1 General

This cold impact test is intended for p.v.c. sheathed cables of any type, irrespective of the type of insulation of the cores, and for the p.v.c. insulation of wires, cords and flat cords without p.v.c. sheath if required by the relevant cable standard.

The p.v.c. insulation of sheathed cables is not subjected directly to the cold impact test.

### 9.5.2 Sampling and preparation of the test pieces

Three pieces of complete cable each having a length at least five times the diameter of the cable with a minimum of 150 mm, shall be taken.

All external coverings, if any, shall be removed.

### 9.5.3 Apparatus

The apparatus to be used for this test is represented in Figure 16, page 111.

The apparatus shall be placed on a pad of sponge rubber about 40 mm thick and held in a refrigerator before and during the test.

### 9.5.4 Test conditions

The test temperature shall be as specified for the type of p.v.c. compound in the relevant cable standard.

For power cables for fixed installation, the mass of the hammer for testing the samples shall be as given in the following table:

Overall diameter (mm)		Mass of the hammer (g)
Above	Up to and including	
—	4.0	100
4.0	6.0	200
6.0	9.0	300
9.0	12.5	400
12.5	20.0	500
20.0	30.0	750
30.0	50.0	1 000
50.0	75.0	1 250
75.0	—	1 500

For flexible cords, flexible cables and telecommunication cables, the mass of the hammer for testing the samples shall be as given in the following table:

Diamètre extérieur (mm)		Masse du marteau (g)
Au-dessus de	Jusqu'à (inclus)	
Câbles méplats		100
—	6,0	100
6,0	10,0	200
10,0	15,0	300
15,0	25,0	400
25,0	35,0	500
35,0	—	600

Le diamètre extérieur mentionné dans les tableaux est celui qui est mesuré sur chaque éprouvette à l'aide d'un pied à coulisse ou d'un mètre-ruban.

Les conducteurs et câbles méplats doivent être essayés avec leur petit axe perpendiculaire au plan du support en acier.

#### 9.5.5 Mode opératoire

On place côte à côte l'appareil et le câble à essayer dans un réfrigérateur réglé à la température prescrite. On doit laisser refroidir le contenu du réfrigérateur pendant au moins 16 h, cette période comprenant le temps de mise en température de l'appareil. Toutefois, si l'appareil a subi un refroidissement préalable, on peut réduire la période de refroidissement, à condition qu'elle ne soit pas inférieure à 1 h et que les éprouvettes atteignent bien la température d'essai prescrite.

A la fin de ces périodes, chaque éprouvette est placée, à tour de rôle, dans la position représentée à la figure 16, page 111, et on laisse tomber le marteau d'une hauteur de 100 mm.

Avant d'examiner l'enveloppe isolante des câbles souples ou rigides sans gaine, on laisse les éprouvettes revenir approximativement à la température ambiante après l'essai.

On examine les enveloppes isolantes après avoir tordu les éprouvettes en les maintenant droites, suivant un angle égal à  $360^\circ$  par 100 mm de longueur. Cependant, s'il n'est pas possible de les tordre de cette manière, les éprouvettes doivent être examinées comme il est indiqué pour les gaines.

On examine les gaines de câbles souples ou rigides après les avoir laissés revenir à la température du laboratoire, les avoir immergées dans l'eau chaude et les avoir fendues parallèlement à l'axe du câble.

Puis on examine l'intérieur et l'extérieur des gaines et des enveloppes isolantes. L'enveloppe isolante des câbles souples ou rigides comportant une gaine ne doit être examinée que sur sa face externe.

#### 9.5.6 Prescription

Les trois éprouvettes ne doivent pas présenter de craquelures visibles à l'œil nu, normal ou corrigé, sans appareil grossisseur.

Dans le cas où une éprouvette et une seule présente des craquelures, l'essai peut être répété sur trois nouvelles éprouvettes. Si aucune éprouvette ne présente de craquelures, les prescriptions de l'essai sont satisfaites; dans le cas contraire, le câble ou la gaine n'est pas conforme aux prescriptions de l'essai.

Overall diameter (mm)		Mass of the hammer (g)
Above	Up to and including	
For flat cords		100
—	6.0	100
6.0	10.0	200
10.0	15.0	300
15.0	25.0	400
25.0	35.0	500
35.0	—	600

The overall diameter referred to in the tables shall be measured on each test piece by a vernier calliper or a measuring tape.

Flat cables or cords shall be tested with the minor axis perpendicular to the steel base.

#### 9.5.5 Test procedure

The apparatus and the pieces of cable to be tested shall be placed side by side in a refrigerator and maintained at the specified temperature. The contents of the refrigerator shall then be allowed to cool for a period not less than 16 h, which includes the time for the apparatus to cool down. If the apparatus has been pre-cooled, a shorter cooling period is permissible, but not less than 1 h provided that the test pieces have attained the prescribed test temperature.

At the end of the prescribed periods, each piece in turn shall be placed in position as shown in Figure 16, page 111, and the hammer shall be allowed to fall from a height of 100 mm.

Before examining the insulation of cables or cords without a sheath, the test pieces shall be allowed to attain approximately ambient temperature after the test.

The insulation shall then be examined after the test pieces have been twisted, while held straight, through an angle equal to 360° for each 100 mm of length. If, however, it is not possible to twist the samples in this way, they shall be examined as specified for the sheath.

Before examining the sheath of cables and cords with a sheath, the samples shall be allowed to attain approximately room temperature and then be immersed in hot water; the sheath shall then be cut open in the direction of the axis of the cable.

The inside and outside of the sheath and the insulation shall then be examined. The insulation of cables and cords with sheath shall be examined on the outside only.

#### 9.5.6 Requirement

The three test pieces shall show no crack when examined with normal or corrected vision without magnification.

If one sample only of the three shows cracks, then the test may be repeated on three further samples and, if none of these shows cracks the requirements of the test are met, but if any of the further three samples shows cracks, then the cable or sheath does not comply with the test requirements.

## 10. Essais de résistance à la fissuration des enveloppes isolantes et gaines de p.c.v.

### 10.1 Essai de choc thermique pour les enveloppes isolantes de p.c.v.

#### 10.1.1 Echantillonnage

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

On retire les revêtements extérieurs éventuels placés sur l'isolant.

#### 10.1.2 Préparation des éprouvettes

Les éprouvettes doivent être préparées de l'une des trois manières suivantes:

- Pour les conducteurs de diamètre extérieur ne dépassant pas 12,5 mm, chaque éprouvette est constituée par un tronçon de conducteur isolé.
- Pour les conducteurs de diamètre extérieur supérieur à 12,5 mm dont l'enveloppe isolante ne dépasse pas 5 mm d'épaisseur et pour tous les conducteurs à âmes sectoriales, chaque éprouvette est constituée par une bande prélevée dans l'enveloppe isolante. La largeur de cette bande doit être au moins égale à 1,5 fois son épaisseur, sans être inférieure à 4 mm.

On doit découper la bande parallèlement à l'axe de l'âme conductrice. Dans le cas de conducteurs à âmes sectoriales, la bande doit être prélevée sur la partie circulaire du conducteur.

- Pour les conducteurs de diamètre extérieur supérieur à 12,5 mm et ayant une épaisseur d'isolant supérieure à 5,0 mm, chaque éprouvette est constituée par une bande prélevée comme indiqué au point *b*), puis meulée ou coupée sur la surface extérieure (en évitant tout échauffement), pour obtenir une épaisseur comprise entre 4,0 mm et 5,0 mm. Cette épaisseur doit être mesurée dans la partie la plus épaisse de la bande dont la largeur doit être au moins égale à 1,5 fois son épaisseur.

#### 10.1.3 Enroulement des éprouvettes sur mandrins

Chaque éprouvette est enroulée étroitement, puis fixée sur le mandrin, à température ambiante, de manière à former une hélice à spires jointives.

Le diamètre du mandrin et le nombre de spires sont donnés:

- par le premier des tableaux suivants pour les éprouvettes préparées comme indiqué au point *a*) du paragraphe 10.1.2; pour les câbles méplats et les conducteurs, le diamètre du mandrin est défini par la petite dimension du câble, qui est enroulé de façon que son petit axe soit perpendiculaire à l'axe du mandrin;
- par le second des tableaux suivants pour les éprouvettes préparées comme indiqué aux points *b*) et *c*) du paragraphe 10.1.2. Dans ce cas, la surface intérieure de l'éprouvette doit être en contact avec le mandrin.

Diamètre extérieur de l'éprouvette (mm)	Diamètre du mandrin (mm)	Nombre de spires
Inférieur ou égal à 2,5	5	6
Au-dessus de 2,5 à 4,5 inclus	9	6
Au-dessus de 4,5 à 6,5 inclus	13	6
Au-dessus de 6,5 à 9,5 inclus	19	4
Au-dessus de 9,5 à 12,5 inclus	40	2

## 10. Tests for resistance of p.v.c. insulations and sheaths to cracking

### 10.1 Heat shock test for p.v.c. insulations

#### 10.1.1 Sampling

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

External covering, if any, shall be removed from the insulation.

#### 10.1.2 Preparation of test pieces

The test pieces shall be prepared in one of the three following ways:

- a) For cores with an overall diameter not exceeding 12.5 mm, each test piece shall consist of a piece of core.
- b) For cores with an overall diameter exceeding 12.5 mm and having insulation thickness not exceeding 5 mm and for all sector-shaped cores, each test piece shall consist of a strip taken from the insulation whose width shall be at least 1.5 times its thickness, but not less than 4 mm.

The strip shall be cut in the direction of the axis of the conductor. In the case of sector-shaped cores, it shall be cut out of the "back" of the core.

- c) For cores with an overall diameter exceeding 12.5 mm and a wall thickness exceeding 5.0 mm, each test piece shall consist of a strip cut in accordance with Item b) and then ground or cut (avoiding heating) on the outer surface, to a thickness between 4.0 mm and 5.0 mm. This thickness shall be measured on the thicker part of the strip, whose width shall be at least 1.5 times the thickness.

#### 10.1.3 Winding of the test pieces on mandrels

Each test piece shall be tautly wound and fixed, at ambient temperature, on a mandrel to form a close helix.

The diameter of the mandrel and the number of turns are given:

- a) in the first of the tables below for test pieces prepared in accordance with Item a) of Sub-clause 10.1.2; for flat cables and cords, the mandrel diameter shall be based on the minor dimension of the cord, which is wound on with its minor axis perpendicular to the mandrel;
- b) in the second of the tables below for test pieces prepared in accordance with Item b) and c) of Sub-clause 10.1.2. In this case, the inner surface of the test piece shall be in contact with the mandrel.

External diameter of test piece (mm)	Mandrel diameter (mm)	Number of turns
Up to and including 2.5	5	6
Over 2.5 up to and including 4.5	9	6
Over 4.5 up to and including 6.5	13	6
Over 6.5 up to and including 9.5	19	4
Over 9.5 up to and including 12.5	40	2

Epaisseur de l'éprouvette (mm)	Diamètre du mandrin (mm)	Nombre de spires
Inférieure ou égale à 1	2	6
Au-dessus de 1 à 2 inclus	4	6
Au-dessus de 2 à 3 inclus	6	6
Au-dessus de 3 à 4 inclus	8	6
Au-dessus de 4 à 5 inclus	10	6

Pour l'utilisation de ces tableaux, on doit mesurer le diamètre ou l'épaisseur de chaque éprouvette à l'aide d'un palmer ou de tout autre appareil de mesure convenable.

#### 10.1.4 *Chauffage et examen*

On place chaque éprouvette sur son mandrin dans une étuve à air préchauffée à la température spécifiée dans la norme particulière au type de câble considéré ou, à défaut, à  $150 \pm 3$  °C. L'éprouvette est maintenue à la température spécifiée pendant 1 h.

Après avoir laissé les éprouvettes revenir approximativement à la température ambiante, on les examine sans les dérouler du mandrin.

Les éprouvettes ne doivent pas présenter de craquelure visible à l'œil nu, normal ou corrigé, sans appareil grossisseur.

#### 10.2 *Essai de choc thermique sur les gaines de p.c.v.*

##### 10.2.1 *Echantillonnage*

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

On retire tous les revêtements extérieurs placés sur la gaine.

##### 10.2.2 *Préparation des éprouvettes*

- a) Pour les gaines dont le diamètre extérieur ne dépasse pas 12,5 mm, chaque éprouvette est constituée par un tronçon de câble, sauf dans le cas de câbles isolés au polyéthylène et gaine de p.c.v.
- b) Pour les gaines dont le diamètre extérieur est supérieur à 12,5 mm et dont l'épaisseur d'isolant ne dépasse pas 5,0 mm et pour les gaines de câbles isolés au polyéthylène, chaque éprouvette est constituée par une bande prélevée dans la gaine. La largeur de cette bande doit être au moins égale à 1,5 fois son épaisseur sans être inférieure à 4 mm. On doit découper la bande parallèlement à l'axe du câble.
- c) Pour les gaines dont le diamètre extérieur est supérieur à 12,5 mm et dont l'épaisseur d'isolant est supérieure à 5,0 mm, une bande doit être préparée comme indiqué au point b) ci-dessus, puis meulée ou coupée sur la surface extérieure (en évitant tout échauffement), pour obtenir une épaisseur comprise entre 4,0 mm et 5,0 mm. Cette épaisseur doit être mesurée dans la partie la plus épaisse de la bande dont la largeur doit être au moins égale à 1,5 fois son épaisseur.
- d) L'essai est applicable aux câbles méplats complets pourvu que leur largeur soit inférieure ou égale à 12,5 mm sinon l'essai doit être réalisé sur une bande prélevée sur la gaine comme spécifié au point b).

Thickness of test piece (mm)	Mandrel diameter (mm)	Number of turns
Up to and including 1	2	6
Over 1 up to and including 2	4	6
Over 2 up to and including 3	6	6
Over 3 up to and including 4	8	6
Over 4 up to and including 5	10	6

For the application of these tables, the diameter or thickness of each test piece shall be measured by means of callipers or other suitable measuring instrument.

#### 10.1.4 Heating and examination

Each test piece, on its mandrel, shall be placed into an air oven pre-heated to the temperature specified in the relevant cable standard, or, if no other temperature is specified in the cable standard, to  $150 \pm 3$  °C. The test piece shall be maintained at the specified temperature for 1 h.

After the test pieces have been allowed to attain approximately ambient temperature, they shall be examined while still on the mandrel.

The test pieces shall show no crack when examined with normal or corrected vision without magnification.

#### 10.2 Heat shock test for p.v.c. sheaths

##### 10.2.1 Sampling

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

Any external covering shall be removed.

##### 10.2.2 Preparation of test pieces

- a) For sheaths with an overall diameter not exceeding 12.5 mm, each test piece shall consist of a piece of cable, except for polyethylene-insulated p.v.c. sheathed cables.
- b) For sheaths with an overall diameter exceeding 12.5 mm and with a wall thickness not exceeding 5.0 mm and for sheaths of polyethylene-insulated cables, each test piece shall consist of a strip taken from the sheath, whose width shall be at least 1.5 times its thickness but not less than 4 mm; the strip shall be cut in the direction of the axis of the cable.
- c) For sheaths with an overall diameter exceeding 12.5 mm and a wall thickness exceeding 5.0 mm, each test piece shall consist of a strip cut in accordance with Item *b*) and then ground or cut (avoiding heating) on the outer surface, to a thickness between 4.0 mm and 5.0 mm. This thickness shall be measured on the thicker part of the strip, whose width shall be at least 1.5 times the thickness.
- d) For flat cables, if the width of the cable does not exceed 12.5 mm, each test piece shall be a piece of complete cable. If the width of the cable exceeds 12.5 mm, each test piece shall consist of a strip taken from the sheath as specified in Item *b*).

### 10.2.3 Enroulement des éprouvettes sur mandrins

Chaque éprouvette est enroulée étroitement, puis fixée sur le mandrin, à température ambiante, de manière à former une hélice à spires jointives. Le diamètre du mandrin et le nombre de spires sont indiqués au point *a*) du paragraphe 10.1.3 pour les éprouvettes préparées suivant le point *a*) du paragraphe 10.2.2, et au point *b*) du paragraphe 10.1.3) pour les éprouvettes préparées suivant les points *b*) et *c*) du paragraphe 10.2.2.

Le diamètre ou l'épaisseur de chaque éprouvette doivent être mesurés au moyen d'un palmer ou de tout autre appareil de mesure convenable.

### 10.2.4 Chauffage et examen

Se conformer au paragraphe 10.1.4.

## 11. Méthode de détermination de la masse volumique des mélanges élastomères et thermoplastiques

### 11.1 Méthode de suspension (méthode générale)

#### 11.1.1 Matériel d'essai

- Ethanol (alcool éthylique) pour analyse ou autre liquide approprié pour les masses volumiques inférieures à 1 g/ml.
- Solution de chlorure de zinc pour les masses volumiques égales ou supérieures à 1 g/ml.
- Eau distillée.
- Cylindre mélangeur.
- Enceinte thermostatée.
- Aréomètre gradué, étalonné à 23 °C.
- Thermomètre gradué en dixièmes de degré Celsius.

#### 11.1.2 Mode opératoire

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

Les mélanges liquides appropriés sont:

- pour une masse volumique présumée inférieure à 1 g/ml, un mélange d'éthanol et d'eau, et
- pour une masse volumique égale ou supérieure à 1 g/ml, un mélange de chlorure de zinc et d'eau.

11.1.2.2 On introduit trois parcelles de l'échantillon dans le liquide à une température de  $23 \pm 0,1$  °C en évitant toute formation de bulles d'air. On mélange le liquide avec de l'eau distillée jusqu'à ce que les parcelles soient en suspension dans le cylindre mélangeur. Le mélange de liquide doit être homogène et maintenu à la température indiquée.

On détermine à l'aide d'un aréomètre gradué la masse volumique du mélange de liquide et on l'indique à la troisième décimale. Celle-ci est égale à la masse volumique des éprouvettes à mesurer.

### 10.2.3 *Winding of the test pieces on mandrel*

Each test piece shall be tautly wound and fixed at ambient temperature on a mandrel to form a close helix. The diameter of the mandrel and the number of turns are given in Item *a*) of Sub-clause 10.1.3 for test pieces prepared in accordance with Item *b*) of Sub-clause 10.2.2 and in Item *b*) of Sub-clause 10.1.3 for test pieces prepared in accordance with Items *b*) and *c*) of Sub-clause 10.2.2.

The diameter or thickness of each test piece shall be measured by means of callipers or other suitable measuring instrument.

### 10.2.4 *Heating and examination*

In accordance with Sub-clause 10.1.4.

## 11. **Method for determining the density of elastomeric and thermoplastic compounds**

### 11.1 *Suspension method (general method)*

#### 11.1.1 *Testing equipment*

- Ethanol (ethyl-alcohol) of analytical grade or another suitable liquid for densities below 1 g/ml.
- Zinc chloride solution for densities equal to or greater than 1 g/ml.
- Distilled water.
- Mixing cylinder.
- Thermostat.
- Hydrometer calibrated at 23 °C.
- Thermometer with 0.1 degree Celsius divisions.

#### 11.1.2 *Test procedure*

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

The following liquids are suitable:

- for a density expected to be lower than 1 g/ml, a mixture of ethanol and water,
- for a density of 1 g/ml and higher, a mixture of zinc chloride and water.

11.1.2.2 Three pieces of the sample shall be placed in the liquid at a temperature of  $23 \pm 0.1$  °C, avoiding any formation of air bubbles. Distilled water shall be added to the liquid until the pieces are freely suspended within the liquid in the mixing cylinder. The liquid mixture shall be homogeneous and maintained at the indicated temperature.

The density of the liquid mixture shall be determined by means of the hydrometer and indicated to 3 decimal places; the determined density is the same as that of the samples under test.

## 11.2 Méthode du pycnomètre (méthode de référence)

### 11.2.1 Appareillage

L'appareillage nécessaire à cette méthode comprend :

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

### 11.2.2 Spécimen

Le spécimen doit être prélevé sur l'enveloppe isolante nue ou la gaine nue. La masse du spécimen ne doit pas être inférieure à 1 g, ni supérieure à 5 g. Le spécimen est obtenu par découpage de l'échantillon d'enveloppe isolante ou de gaine en un certain nombre de petits morceaux; les petits tubes d'enveloppe isolante et de gaine doivent être coupés dans le sens longitudinal en deux ou plusieurs parties pour éviter l'inclusion de bulles d'air.

### 11.2.3 Conditionnement

Le spécimen doit être à la température ambiante de  $23 \pm 2$  °C.

### 11.2.4 Mode opératoire

On pèse le pycnomètre vide et sec, puis une quantité appropriée du spécimen dans le pycnomètre. On immerge le spécimen en essai dans l'alcool à 96% et on évacue tout l'air du spécimen, par exemple en faisant le vide dans le pycnomètre placé dans un dessiccateur. On supprime le vide (s'il a été fait) et on remplit le pycnomètre d'un liquide d'immersion. On le porte à une température de  $23 \pm 0,5$  °C dans un bain, puis on termine le remplissage exactement à la pleine capacité du pycnomètre. On essuie et on pèse le pycnomètre avec son contenu. On le vide et on le remplit du liquide d'immersion, on évacue l'air et on détermine de nouveau le poids du contenu et du pycnomètre à une température de  $23 \pm 0,5$  °C.

### 11.2.5 Calcul

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

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

où :

$m$  = masse du spécimen, en grammes

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

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

$d$  = masse volumique du liquide d'immersion à 23 °C

avec de l'éthanol à 96%,  $d = 0,7988$  g/cm<sup>3</sup> à 23 °C.

### 11.2.6 Correction pour le polyéthylène (PE) chargé

Les antioxydants et les pigments colorés organiques qui sont habituellement utilisés en faibles quantités peuvent être négligés. Cependant, lorsque d'autres additifs, tels que des

## 11.2 *Pycnometer method (reference method)*

### 11.2.1 *Apparatus*

The apparatus for this method consists of:

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

### 11.2.2 *Specimen*

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

### 11.2.3 *Conditioning*

The specimen shall be at an ambient temperature of  $23 \pm 2$  °C.

### 11.2.4 *Test procedure*

After weighing the pycnometer empty and dry, a suitable quantity of the specimen shall be weighed in the pycnometer. The test specimen shall be covered with the immersion liquid (alcohol, 96%) and all air removed from the specimen by, for example, applying a vacuum to the pycnometer standing in a desiccator. Any vacuum applied shall be broken and the pycnometer filled with immersion liquid which shall be brought to a temperature of  $23 \pm 0.5$  °C in a liquid bath, the pycnometer being filled to the limits of its capacity. The pycnometer shall be wiped dry and weighed with its contents, after which it shall be emptied and filled with immersion liquid. Air shall be removed and the weight of the pycnometer and its contents determined at a temperature of  $23 \pm 0.5$  °C.

### 11.2.5 *Calculation*

The density of the insulation and sheath shall be calculated as follows:

$$\text{density at } 23 \text{ °C} = \frac{m}{m_1 - m_2} \times d$$

where:

$m$  = mass of specimen, in grams

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

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

$d$  = density of immersion liquid at 23 °C

with ethanol at 96%,  $d = 0.7988 \text{ g/cm}^3$  at 23 °C.

### 11.2.6 *Correction for filled polyethylene (PE)*

Antioxidants and organic coloured pigments which are normally used in negligible quantities may be neglected. However, where other additives such as mineral fillers are used in

charges minérales, sont utilisés en quantité importante, une correction appropriée doit être apportée. Cela se fait en déterminant la nature et la quantité de l'additif par toute méthode chimique appropriée, puis en utilisant la formule:

$$\delta = \frac{m \times \delta_c \times \delta_F}{m_c \times \delta_F - m_F \times \delta_c}$$

où:

$\delta$  = masse volumique du PE (valeur corrigée), en g/cm<sup>3</sup>

$\delta_c$  = masse volumique mesurée du mélange PE, en g/cm<sup>3</sup>

$\delta_F$  = masse volumique de l'additif (valeur mesurée), en g/cm<sup>3</sup>

$m$  = masse du PE polymère (différence entre  $m_c$  et  $m_F$ ), en grammes

$m_c$  = masse du mélange PE (valeur mesurée), en grammes

$m_F$  = masse de la charge (valeur mesurée), en grammes

Pour les mélanges contenant du noir de carbone, la correction est faite à l'aide de la formule simplifiée:

$$\delta = \delta_c - 0,0045 \times c_B$$

où:

$c_B$  = valeur numérique du pourcentage de noir de carbone

## 12. Mesure de l'indice de fluidité à chaud du polyéthylène thermoplastique

### 12.1 Introduction

L'indice de fluidité à chaud (IF) du polyéthylène et des mélanges à base de polyéthylène correspond à la masse de matériau extrudé en 2½ min ou 10 min à 190 °C à travers une filière déterminée, sous l'action d'une charge spécifiée par la méthode utilisée.

La description suivante de l'appareil et du mode opératoire est un extrait de la Norme ISO 1133.

*Notes 1.* — L'indice de fluidité à chaud n'est pas applicable au polyéthylène ignifugé.

*2.* — Pour des indices de fluidité à chaud inférieurs à 0,15 on peut — en variante — utiliser la méthode d'essai décrite dans la Norme ISO 1133.

### 12.2 Appareillage

12.2.1 L'appareillage se compose principalement d'un plastomètre d'extrusion. Sa forme générale est celle qui est indiquée sur la figure 17, page 112. Le polyéthylène, contenu dans un cylindre vertical en métal, est extrudé à travers une filière au moyen d'un piston chargé et à une température contrôlée. Toutes les surfaces de l'appareillage en contact avec la matière soumise à l'essai devront avoir un poli spéculaire.

L'appareillage comporte les parties principales suivantes:

#### a) Cylindre en acier

Cylindre en acier fixé verticalement et isolé thermiquement afin de pouvoir opérer à 190 °C. Le cylindre doit avoir au moins 115 mm de longueur; son diamètre intérieur peut être compris

considerable quantities an appropriate correction shall be made. This shall be done by determining the nature and quantity of the additive by reputable chemical means using the formula:

$$\delta = \frac{m \times \delta_c \times \delta_F}{m_c \times \delta_F - m_F \times \delta_c}$$

where:

- $\delta$  = density of the PE (corrected value), in g/cm<sup>3</sup>
- $\delta_c$  = measured density of PE compound, in g/cm<sup>3</sup>
- $\delta_F$  = density of additive of filler (measured value), in g/cm<sup>3</sup>
- $m$  = mass of PE polymer (difference of  $m_c$  and  $m_F$ ), in grams
- $m_c$  = mass of PE compound (measured value), in grams
- $m_F$  = mass of filler (measured value), in grams

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

$$\delta = \delta_c - 0.0045 \times c_B$$

where:

- $c_B$  = numerical value of the percentage of carbon black

## 12. Measurement of the melt flow index of thermoplastic polyethylene

### 12.1 Introduction

The melt flow index (MFI) of polyethylene and polyethylene compounds is the quantity of material extruded in 2½ min or 10 min at 190 °C through a specified die under the action of a load determined by the method used.

The following description of the apparatus and test procedure for this material test is an extract from ISO Standard 1133.

*Notes* 1. — The melt flow index is not applicable to flame retarding polyethylene.

2. — For melt flow indices less than 0.15 the method of test described in ISO Standard 1133 may be used as an alternative.

### 12.2 Apparatus

12.2.1 The apparatus is basically an extrusion plastometer, the general design being as shown in Figure 17, page 112. Polyethylene, which is contained in a vertical metal cylinder, is extruded through a die by a loaded piston under controlled temperature conditions. All surfaces of the apparatus in contact with the material under test shall have a high polish.

The apparatus consists of the following essential parts:

#### a) Steel cylinder

A steel cylinder fixed in a vertical position and suitably insulated for operation at 190 °C. The cylinder is at least 115 mm long with an internal diameter of between 9.5 mm and 10 mm and

entre 9,5 mm et 10 mm et doit satisfaire aux prescriptions du point *b*) du paragraphe 12.2.1. La base du cylindre doit être isolée thermiquement si la surface du métal à nu est supérieure à 4 cm<sup>2</sup> et il est recommandé d'utiliser comme produit isolant le polytétrafluoréthylène (épaisseur d'environ 3 mm) pour éviter le collage du produit extrudé.

*b) piston évidé en acier*

Piston évidé en acier dont la longueur doit être au moins égale à celle du cylindre. L'axe du cylindre et l'axe du piston doivent coïncider et la longueur utile du piston doit être de 135 mm maximum. Il doit avoir une tête de  $6,35 \pm 0,10$  mm de longueur. Le diamètre de la tête doit être inférieur au diamètre intérieur du cylindre de  $0,075 \pm 0,015$  mm sur toute la longueur utile du cylindre. De plus, pour le calcul de la charge (voir le point *c*) du paragraphe 12.2.1), ce diamètre doit être connu à  $\pm 0,025$  mm près. L'arête inférieure de la tête est arrondie selon un rayon de 0,4 mm. L'arête supérieure doit être abattue. Au-dessus de la tête, le piston doit avoir environ 9 mm de diamètre. Un dispositif peut être ajouté au sommet du piston pour supporter une charge amovible, mais le piston doit être isolé thermiquement de cette charge.

*c) Charge amovible sur le piston*

Les masses combinées de la charge et du piston doivent être telles que la force *P* exercée soit de:

— *P* = 21,2 N dans le cas de la méthode A selon la Norme ISO 1133.

— *P* = 49,1 N dans le cas de la méthode C selon la Norme ISO 1133.

*d) Système de chauffage*

Système de chauffage permettant de maintenir le polyéthylène contenu dans le cylindre à la température de  $190 \pm 0,5$  °C. L'emploi d'un système de contrôle automatique de la température est vivement recommandé.

*e) Dispositif de mesure de la température*

Dispositif de mesure de la température introduit aussi près que possible de la filière, mais contenu dans la masse même du cylindre. Ce dispositif doit être étalonné pour mesurer des températures à  $\pm 0,1$  °C près.

*f) Filière*

En acier trempé de  $8,000 \pm 0,025$  mm de longueur. Son diamètre intérieur moyen doit être compris entre 2,090 mm et 2,100 mm; il doit être uniforme sur toute la longueur à  $\pm 0,005$  mm près (voir la figure 18, page 112). La filière ne doit pas faire de saillie à la base du cylindre.

*g) Balance*

Précise à  $\pm 0,0005$  g.

### 12.3 Echantillons

Les échantillons peuvent être de n'importe quelle forme pouvant être introduite dans la cavité du cylindre, par exemple granulés, poudres, pièces moulées. Les grands échantillons doivent être découpés en tronçons cubiques d'environ 3 mm.

### 12.4 Nettoyage et entretien de l'appareil

Nettoyer l'appareil après chaque essai.

complying with the requirements of Item *b*) of Sub-clause 12.2.1. The base of the cylinder shall be thermally insulated if the area of the exposed metal exceeds 4 cm<sup>2</sup> and it is recommended that the insulating material used be polytetrafluorethylene (thickness about 3 mm) in order to avoid sticking of the extruded material.

*b) Steel hollow piston*

A steel hollow piston with a length at least the same as the cylinder. The axes of the cylinder and of the piston shall coincide and the effective length of the piston shall be a maximum of 135 mm. There is a head of length  $6.35 \pm 0.10$  mm. The diameter of the head is less than the internal diameter of the cylinder at all points along the working length of the cylinder by  $0.075 \pm 0.015$  mm. In addition, for calculating the load (see Item *c*) of Sub-clause 12.2.1), this diameter should be known within  $\pm 0.025$  mm. The lower edge of the head has a radius of 0.4 mm and the upper edge has its sharp edge removed. Above the head, the piston is relieved to about 9 mm diameter. A stud may be added at the top of the piston to support the removable load, but the piston is thermally insulated from this load.

*c) Removable load on top of the piston*

The combined masses of the load and the piston shall be such that the force *P* exercised is:

— *P* = 21.2 N in the case of method A of ISO Standard 1133.

— *P* = 49.1 N in the case of method C of ISO Standard 1133.

*d) Heater*

A heater to maintain the polyethylene in the cylinder at a temperature of  $190 \pm 0.5$  °C. An automatic temperature control is strongly recommended.

*e) Temperature measuring device*

A temperature measuring device located as closely as possible to the die, but situated within the body of the cylinder, the measuring device being calibrated to permit temperature measurement to an accuracy of  $\pm 0.1$  °C.

*f) Die*

A die of length  $8.000 \pm 0.025$  mm made of hardened steel, the mean internal diameter being between 2.090 mm and 2.100 mm and uniform along its length to within  $\pm 0.005$  mm (see Figure 18, page 112). The die shall not project beyond the base of the cylinder.

*g) Balance*

A balance accurate to  $\pm 0.0005$  g.

### 12.3 Test samples

The test samples may be in any form that can be introduced into the bore of the cylinder, for example granules, powder, moulded pieces. Large samples should be cut into cubic pieces of about 3 mm.

### 12.4 Cleaning and maintenance of the apparatus

The apparatus shall be cleaned after each test.

N'utiliser en aucun cas de produits abrasifs ou susceptibles d'endommager les surfaces du piston, du cylindre ou de la filière, pour éliminer les fragments de polyéthylène restant à leur surface ou pour manipuler une partie quelconque de l'appareil.

Le xylène, le tétrahydronaphtalène ou le kérosène sans odeur sont des solvants qui conviennent pour ce nettoyage. Nettoyer le piston lorsqu'il est encore chaud avec un chiffon trempé dans le solvant; de même, nettoyer le cylindre lorsqu'il est encore chaud, avec un écouvillon trempé dans le solvant. Nettoyer la filière au moyen d'une tige de cuivre ou d'une cheville de bois, étroitement jointive, puis l'immerger dans le solvant porté à ébullition.

Il est recommandé d'enlever à intervalles réguliers, c'est-à-dire une fois par semaine, par exemple, pour les appareils en utilisation constante, la plaque isolante et la plaque de fixation de la filière, s'il y en a une, afin de nettoyer complètement le cylindre (voir la figure 17, page 112).

### 12.5 Méthode A de la Norme ISO 1133

La méthode A convient à la détermination de l'indice de fluidité à chaud (IF), d'un échantillon de polyéthylène dont l'indice est inconnu.

#### Mode opératoire

Nettoyer l'appareillage (voir le paragraphe 12.4). Avant de commencer une série d'essais, porter la température du cylindre et du piston à  $190 \pm 0,5$  °C pendant 15 min; maintenir ensuite cette température pendant l'extrusion du polyéthylène.

Il est recommandé que le dispositif de mesure de la température (voir le point e) du paragraphe 12.2.1) soit constitué par un thermomètre en verre à mercure fixé à demeure dans la masse du cylindre (voir la note ci-dessous). Pour obtenir un meilleur contact thermique, il est recommandé d'utiliser un alliage à point de fusion peu élevé, par exemple le métal de Wood.

*Note.* — Si un autre dispositif de mesure de la température est employé, il doit être étalonné à  $190 \pm 0,5$  °C avant le commencement de chaque série d'essais par comparaison avec un thermomètre à mercure en verre, lui-même conforme au point e) du paragraphe 12.2.1 ci-dessus, logé dans le cylindre et immergé dans le polyéthylène à la profondeur convenable.

Remplir le cylindre avec une fraction de l'échantillon (voir le tableau I), et mettre en place, au sommet du cylindre, le piston non encore muni de la charge.

Six minutes après l'introduction de l'échantillon, temps au bout duquel la température du cylindre doit être revenue à  $190 \pm 0,5$  °C, placer la charge additionnelle sur le piston pour provoquer l'extrusion du polyéthylène à travers la filière. Mesurer la vitesse d'extrusion en sectionnant la matière extrudée à des intervalles de temps égaux, à la sortie de la filière et avec un instrument tranchant convenable, afin d'obtenir de petites longueurs de produit extrudé que nous appellerons par la suite «extrudats». Les intervalles de temps à respecter pour obtenir ces extrudats sont donnés dans le tableau I.

Prélever plusieurs extrudats pendant les 20 premières minutes qui suivent l'introduction de l'échantillon dans le cylindre. Rejeter le premier extrudat ainsi que tous ceux contenant des bulles d'air. Peser individuellement les extrudats successifs restants, au nombre de trois au minimum, au milligramme près, et calculer leur masse moyenne. Si la différence entre les valeurs maximale et minimale des pesées individuelles est supérieure à 10% de la valeur moyenne, annuler l'essai et recommencer avec une fraction de l'échantillon non encore utilisée.

On no account should abrasives or materials likely to damage the surface of the piston, cylinder or die be used in removing superficial polyethylene or in manipulating any part of the apparatus.

Suitable solvents for cleaning the apparatus are xylene, tetrahydronaphthalene or odourless kerosene. The piston shall be cleaned while still hot with a cloth dipped in the solvent, and the cylinder, also while still hot, with a swab dipped in the solvent. The die shall be cleaned with a closely-fitting brass reamer or wooden peg, and then immersed in boiling solvent.

It is recommended that, at fairly frequent intervals, for example once a week for instruments in constant use, the insulating plate and the die-retaining plate, if fitted (see Figure 17, page 112) be removed and the cylinder cleaned thoroughly.

### 12.5 Method A of ISO Standard 1133

Method A is suitable for determining the melt flow index (MFI) of a sample of polyethylene whose MFI is unknown.

#### *Test procedure*

The apparatus shall be cleaned (see Sub-clause 12.4). Before beginning a series of tests, the temperature of the cylinder and piston should be at  $190 \pm 0.5$  °C for 15 min and this temperature maintained during the extrusion of the polyethylene.

It is recommended that the temperature measuring device (see Item *e*) of Sub-clause 12.2.1) be a mercury-in-glass thermometer located permanently within the mass of the cylinder (see note below). A low melting-point alloy, such as Wood's metal, improves the thermal contact and its use is recommended.

*Note.* — If any other temperature measuring device is used, it should be calibrated at  $190 \pm 0.5$  °C before the beginning of each series of tests in comparison with a mercury-in-glass thermometer, conforming to Item *e*) of Sub-clause 12.2.1) above, placed within the cylinder and immersed in polyethylene to its appropriate depth of immersion.

The cylinder shall then be charged with a portion of the sample (see Table I) and the unloaded piston reinserted into the top of the cylinder.

Six minutes after introducing the sample, during which time the temperature of the cylinder should have returned to  $190 \pm 0.5$  °C, the load is placed on the piston to extrude the polyethylene through the die. The rate of extrusion is measured by cutting the extruded material at regular intervals of time at the die with a suitable sharp-edged instrument to give short lengths of extruded material which will be referred to as "cut-offs". The time intervals at which each cut-off is taken are given in Table I.

Several cut-offs shall be taken within 20 min of the introduction of the sample into the cylinder. The first cut-off and any containing air bubbles shall be ignored. The remaining successive cut-offs, of which there shall be at least three, shall be weighed individually to the nearest milligram and the average mass determined. If the difference between the maximum and the minimum values of the individual weighings exceeds 10% of the average, the test results shall be discarded and the test repeated on a fresh portion of the sample.

*Expression des résultats*

Exprimer l'indice de fluidité à chaud avec deux chiffres significatifs (voir la note 1) et le symboliser par l'expression IF.190.21.A (voir la note 2):

$$\text{IF.190.21.A} = \frac{600 \times m}{t}$$

où:

IF est exprimé en grammes par 10 min

$m$  = masse moyenne des extrudats, exprimée en grammes

$t$  = durée d'extrusion des extrudats, exprimée en secondes

Notes 1. — L'indice de fluidité à chaud du polyéthylène peut être modifié par les traitements thermiques et mécaniques précédents qu'il a subis; en particulier son oxydation peut provoquer une réduction de l'indice de fluidité à chaud. L'oxydation pendant la durée même de l'essai peut généralement être la cause d'une réduction systématique de la masse des extrudats successifs. Ce phénomène n'est pas observé avec des composés polyéthyléniques qui renferment un antioxydant.

2. — IF = indice de fluidité à chaud  
 190 = température d'essai, exprimée en degrés Celsius  
 21 (ou 49) = charge approximative, exprimée en newtons, utilisée pour la détermination  
 A (ou C) = méthode utilisée (A ou C) de la Norme ISO 1133

### 12.6 Méthode C de la Norme ISO 1133

La méthode C convient à la détermination de l'indice de fluidité à chaud d'un échantillon de polyéthylène dont l'indice, mesuré selon la méthode A, est inférieur à 1.

*Mode opératoire*

Le mode opératoire est le même que pour la méthode A.

Les intervalles de temps pour obtenir les extrudats et la masse d'échantillon à introduire dans le cylindre sont donnés dans le tableau I.

*Expression des résultats*

Exprimer l'indice de fluidité à chaud avec deux chiffres significatifs (voir la note 1) et le symboliser par l'expression IF.190.49.C (voir la note 2):

$$\text{IF.190.49.C} = \frac{150 \times m}{t}$$

Note. — L'application d'un intervalle de temps plus court (150 s) avec une charge plus importante (49 newtons) fournit des résultats donnés dans l'échelle C, qui coïncident à peu près avec les résultats qu'on aurait pu obtenir si la méthode A et l'échelle A avaient été utilisées. Pourtant, aucune corrélation directe n'existe entre les échelles A et C.

TABLEAU I

*Masse d'échantillon à introduire dans le cylindre et intervalles de temps entre chaque coupe en fonction des indices de fluidité, pour les méthodes A et C*

Indice de fluidité à chaud (IF)	Masse d'échantillon à introduire dans le cylindre (g)	Intervalles de temps (s)
0,1 à 0,5	4 à 5	240
0,5 à 1	4 à 5	120

*Expression of results*

The MFI should be reported to two significant figures (see Note 1) and expressed in symbols as MFI.190.21.A (see Note 2):

$$\text{MFI.190.21.A} = \frac{600 \times m}{t}$$

where:

MFI is expressed in grams per 10 min

$m$  = average mass of cut-offs, expressed in grams

$t$  = time interval of cut-offs, expressed in seconds

Notes 1. — The MFI of polyethylene may be affected by previous thermal and mechanical treatments, and in particular oxidation will tend to reduce the MFI. Oxidation occurring during the test will usually cause a systematic reduction in the masses of successive cut-offs. This phenomenon is not exhibited by polyethylene compounds containing an anti-oxidant.

2. — MFI = melt flow index  
 190 = temperature of test, expressed in degrees Celsius  
 21 (or 49) = approximate load, expressed in newtons applied to the melt  
 A (or C) = ISO Standard 1133 method used (A or C)

### 12.6 Method C of ISO Standard 1133

Method C shall be used for determining the MFI of a sample of polyethylene whose MFI, measured in accordance with method A, is below 1.

*Test procedure*

The test procedure is the same as for method A.

The time intervals used in obtaining the cut-offs and the mass of the charge put into the cylinder are given in Table I.

*Expression of results*

The MFI should be reported to two significant figures (see Note 1) and expressed in symbols as MFI.190.49.C (see Note 2):

$$\text{MFI.190.49.C} = \frac{150 \times m}{t}$$

Note. — The use of a shorter cut-off time (150 s) with a heavier load (49 newtons) gives results quoted on scale C which agree approximately with results that would have been obtained had method A and scale A been used. There is, however, no direct correlation between scales A and C.

TABLE I

*Time intervals (as a function of melt flow index) used in obtaining the cut-offs and mass of the charge put into the cylinder for methods A and C*

Melt flow index (MFI)	Mass of the charge put into the cylinder (g)	Time intervals (s)
0.1 to 0.5	4 to 5	240
0.5 to 1	4 to 5	120

### 13. Essai de résistance à l'ozone

#### 13.1 Mode opératoire

*Avertissement:* On attire l'attention sur la toxicité de l'ozone. Des précautions doivent être prises pour limiter l'exposition du personnel à tout moment et la concentration dans la salle d'essais et son environnement ne doit pas dépasser 0,1 ppm (parties d'ozone par million de parties d'air en volume).

##### 13.1.1 Appareillage

L'appareillage recommandé pour cet essai est représenté à la figure 20, page 113. Il comprend:

- un générateur assurant une production contrôlée d'ozone;
- un dispositif pour faire circuler de l'air ozonisé, dans des conditions contrôlées d'humidité et de pression, à travers une chambre contenant les échantillons à essayer;
- un dispositif de dosage de la concentration en ozone.

##### 13.1.2 Echantillonnage

Que le câble soit monoconducteur ou non, seul un conducteur isolé est essayé. Une longueur suffisante de conducteur est prélevée à au moins 1,5 m de l'extrémité du câble pour fournir deux éprouvettes, sauf si le conducteur a une couche semi-conductrice externe extrudée. Dans ce cas, quatre éprouvettes sont prélevées.

##### 13.1.3 Préparation des éprouvettes

Les revêtements de protection, s'il en existe, sont enlevés du conducteur, sauf s'ils sont directement appliqués sur l'isolant antérieurement à la réticulation et adhèrent à celui-ci. On doit veiller à ne pas endommager l'isolant.

Si le conducteur a un écran semi-conducteur externe rubané, celui-ci est enlevé.

Si le conducteur a un écran semi-conducteur externe extrudé, celui-ci est enlevé sur deux éprouvettes et laissé en place sur les deux autres.

##### 13.1.4 Enroulement des éprouvettes

Si le conducteur n'a pas de semi-conducteur extrudé, une éprouvette est enroulée dans le sens et le plan de sa courbure initiale, sans rotation, d'un tour autour d'un mandrin et attachée avec de la ficelle ou un ruban à l'endroit où les extrémités se croisent. L'autre éprouvette est enroulée de la même façon mais dans le sens opposé à sa courbure initiale.

Si, à la fabrication, le conducteur a un semi-conducteur externe extrudé, deux éprouvettes, l'une avec la couche semi-conductrice en place et l'autre sans cette couche, sont enroulées comme ci-dessus dans chaque direction.

L'enroulement est effectué à la température ambiante ou à 20 °C, à la plus élevée des deux, autour d'un mandrin de laiton, d'aluminium ou de bois convenablement traité et ayant le diamètre suivant:

Diamètre extérieur du conducteur isolé $d$ (mm)	Diamètre du mandrin (en multiple du diamètre exté- rieur du conducteur isolé)
Inférieur ou égal à 12,5	4
Au-dessus de 12,5 à 20 inclus	5
Au-dessus de 20 à 30 inclus	6
Au-dessus de 30 à 45 inclus	8
Au-dessus de 45	10

### 13. Ozone resistance test

#### 13.1 Test procedure

*Warning:* Attention is drawn to the toxicity of ozone. Precautions should be taken to minimize exposure of personnel to it at all times and the concentration in the workroom environment should not be allowed to exceed 0.1 ppm (parts ozone per million parts air by volume).

##### 13.1.1 Test apparatus

The apparatus recommended for this test is represented in Figure 20, page 113. It consists of:

- a device for generating a controlled amount of ozone;
- a means for circulating ozonized air under controlled conditions of humidity and temperature through a chamber containing the specimens to be tested;
- a means for determining the percentage of ozone concentration.

##### 13.1.2 Sampling

Whether the cable is single or multicore, only one core need be tested. Sufficient length of core shall be cut from a position not less than 1.5 m from the end of the length of cable to provide two test pieces, unless the core has an extruded semiconducting screen on the outside, in which case sufficient for four test pieces shall be taken.

##### 13.1.3 Preparation of test pieces

Any protective coverings present on the core shall be removed, unless they were applied directly to the insulation prior to vulcanization and are adherent to it, without damaging the insulation.

If the core has a semiconducting screen in the form of tape on the outside, this shall be removed.

If the core has an extruded semiconducting screen on the outside, this shall be removed from two test pieces and left in position on the other two.

##### 13.1.4 Bending of test pieces

If the core does not have an extruded semiconducting screen, one test piece shall be bent in the direction and plane of its existing curvature, without twisting, for one complete turn around a mandrel and bound with twine or tape where the ends cross, and a second test piece of the same core shall be bent similarly in the plane of its existing curvature but in the opposite direction.

If the core as manufactured has an extruded semiconducting screen, two test pieces, one with the semiconducting screen removed and one with the semiconducting screen left in position, shall be bent, as above, in each direction.

The bending shall be carried out at room temperature or 20 °C, whichever is higher, using a brass, aluminium or suitably treated wooden mandrel having the following diameter:

Outside diameter of core $d$ (mm)	Mandrel diameter as a multiple of the core diameter
Up to and including 12.5	4
Over 12.5 up to and including 20	5
Over 20 and up to and including 30	6
Over 30 and up to and including 45	8
Over 45	10

Si l'éprouvette est trop rigide pour permettre de croiser les extrémités, elle est courbée et liée de façon que la partie courbée représente au moins 180° autour du mandrin ayant le diamètre spécifié.

### 13.1.5 Conditionnement des éprouvettes

La surface de chaque éprouvette est essuyée avec un chiffon propre pour enlever les poussières ou l'humidité. Les éprouvettes courbées sur leur mandrin sont conservées à l'air à la température ambiante, sans aucun traitement supplémentaire, pendant 30 min à 45 min avant de les mettre en essai.

### 13.1.6 Exposition à l'ozone

Les éprouvettes préparées sont exposées dans une chambre munie d'un robinet et maintenue à  $25 \pm 2$  °C. On fait circuler de l'air sec ayant la concentration en ozone spécifiée pour les isolants dans la norme particulière au type de câble considéré pendant la période prescrite. Le débit de l'air doit être compris entre 280 l/h et 560 l/h et une pression légèrement supérieure à la pression atmosphérique doit être maintenue.

### 13.1.7 Prescriptions

Après la durée d'essai spécifiée, on retire les éprouvettes de la chambre d'essai et on les examine à l'œil nu, normal ou corrigé, sans appareil grossissant. On ne doit constater aucune craquelure sur l'isolation de la partie courbée du secteur à 180°, la plus éloignée de l'attache.

*Note.* — Il convient d'arrêter la production d'ozone et de ventiler avec soin la chambre d'essai avec de l'air normal avant de l'ouvrir pour enlever les éprouvettes.

## 13.2 Détermination de la concentration en ozone

### 13.2.1 Analyse chimique

#### 13.2.1.1 Réactifs

Les réactifs doivent avoir une composition analytique bien définie.

De l'eau distillée est utilisée d'un bout à l'autre de l'essai.

a) *Solution indicatrice à l'amidon*: Mélanger en agitant 1 g d'amidon soluble dans 40 ml d'eau froide et chauffer à ébullition en agitant constamment, jusqu'à ce que l'amidon soit complètement dissous. Diluer avec de l'eau froide à 200 ml environ, ajouter 2 g de chlorure de zinc cristallisé. Laisser la solution reposer, puis décantier le liquide surnageant pour l'utiliser. Renouveler tous les deux ou trois jours.

On peut également utiliser une solution fraîche de 1 g d'amidon soluble dans 100 ml d'eau bouillante.

Lorsqu'on utilise ces solutions d'amidon comme indicateur, ajouter quelques gouttes d'acide acétique (10%) à la solution que l'on titre.

b) *Solution étalon d'iode*: Placer 2 g d'iodure de potassium (KI) et 10 ml d'eau dans un tube à pesée, et peser le tube et la solution. Ajouter de l'iode directement à la solution, dans le tube à pesée placé sur le plateau de la balance, jusqu'à ce que la quantité totale d'iode en solution soit voisine de 0,1 g. Peser avec soin la solution à laquelle on a ajouté l'iode. Déterminer la quantité d'iode ajoutée à la solution. Retirer le tube à pesée et verser la solution dans un bécher. Laver le tube à pesée tenu au-dessus du bécher avec de l'eau distillée et verser la solution du bécher dans une fiole jaugée à 1 000 ml. Rincer le bécher avec de l'eau distillée, verser dans la fiole jaugée de 1 000 ml et diluer la solution dans le flacon jusqu'à 1 000 ml.

*Note.* — Cette solution est assez stable si elle est conservée dans un emplacement frais et obscur, dans une bouteille brune bien bouchée.

If the test piece is too rigid to permit the ends to be crossed, it shall be bent and tied so that at least a 180° bend of the specified diameter is obtained.

### 13.1.5 *Conditioning of test pieces*

The surface of each test piece shall be wiped with a clean cloth to remove dirt or moisture. The bent test pieces on their mandrels shall be kept in air at ambient temperature without any further treatment for 30 min to 45 min before being tested.

### 13.1.6 *Exposure to ozone*

The conditioned test pieces shall be exposed in a chamber fitted with a test cock and maintained at a temperature of  $25 \pm 2$  °C, to a circulating current of dry air having an ozone concentration as specified for the insulating compound in the relevant cable standard for the period specified in the cable standard. The air flow shall be between 280 l/h and 560 l/h, and the air pressure shall be maintained slightly above atmospheric pressure.

### 13.1.7 *Requirements*

After the specified test duration, the test pieces shall be removed from the test chamber and, when examined with normal or corrected vision without magnification, the insulation in the 180° section of the bent portion furthest from the tie shall be free from cracks.

*Note.* — The generation of ozone should be stopped and the test chamber flushed through thoroughly with normal air before it is opened for removal of the test pieces.

## 13.2 *Determination of ozone concentration*

### 13.2.1 *Chemical analysis*

#### 13.2.1.1 *Reagents*

The reagents shall be of a recognized analytical reagent quality.

Distilled water shall be used throughout the test.

a) *Starch indicator solution:* 1 g of soluble starch shall be stirred into 40 ml of cold water and heated to boiling point with constant stirring until the starch is completely dissolved. This solution shall be diluted with cold water to about 200 ml and 2 g of crystallized zinc chloride added. The solution shall be allowed to settle and the supernatant liquid poured off for use. In keeping for periodic use, the solution shall be renewed every two or three days.

Alternatively, a fresh solution of 1 g of soluble starch in 100 ml of boiling water may be prepared.

When either of these starch solutions is used as an indicator, a few drops of 10% acetic acid shall be added to the solution being titrated.

b) *Standard iodine solution:* 2 g of potassium iodide (KI) and 10 ml of water shall be placed in a weighing tube, which shall then be weighed. Iodine shall be added directly to the solution in the tube on the balance pan until the total iodine in solution is about 0.1 g. The solution with the added iodine shall be accurately weighed and the amount of added iodine determined. The solution shall then be poured into a beaker; the weighing tube, held over the beaker, shall be washed with water. The solution shall be poured from the beaker into a flask calibrated at 1 000 ml, the beaker rinsed with water into the flask and the solution in the flask diluted to 1 000 ml.

*Note.* — This solution is fairly stable if kept in a cool dark place in a well-stoppered brown bottle.

- c) *Solution de thiosulfate de sodium*: Préparer une solution de thiosulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) de concentration égale à celle de la solution étalon d'iode en plaçant environ 0,24 g de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  dans une fiole jaugée à 1 000 ml et diluer à 1 000 ml. Comme cette solution perd graduellement de sa force, on doit la titrer par rapport à la solution normale d'iode les jours où l'on procède à des essais.

La concentration de la solution de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  calculée en iode équivalent et exprimée en milligrammes d'iode par millilitre de solution est:

$$\frac{F \times C}{S}$$

où:

$F$  = volume en millilitres de la solution d'iodure

$C$  = concentration d'iode en milligrammes par millilitre

$S$  = volume de la solution de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  utilisé pour titrer la solution en millilitres

- d) *Solution d'iodure de potassium*: dissoudre environ 20 g de KI pur dans 2 000 ml d'eau.
- e) *Acide acétique*: préparer une solution à 10% en volume.

#### 13.2.1.2 Mode opératoire

On fait barboter un volume d'air ozonisé mesuré provenant de la chambre à ozone, dans la solution de KI, ou on recueille un volume d'air ozonisé mesuré et on le mélange à la solution de KI par un moyen approprié.

Les deux méthodes qui peuvent être utilisées sont décrites ci-après:

- a) On connecte une bouteille d'échantillonnage contenant 100 ml de la solution de KI d'un côté au robinet de prélèvement de la chambre d'essai et de l'autre côté à une burette à gaz de 500 ml. Le tube de verre reliant la bouteille d'échantillonnage au robinet de prélèvement de la chambre d'essai arrive bien au-dessous du niveau de la solution de KI dans la bouteille d'échantillonnage. On ouvre le robinet à deux voies de la burette à gaz à l'atmosphère et on remplit la burette jusqu'à son trait de repère avec de l'eau, en levant la bouteille d'aspiration connectée au bas de la burette. Le robinet de la burette est alors fermé à l'atmosphère et ouvert sur la bouteille d'échantillonnage et le robinet de prélèvement de la chambre d'essai est ouvert sur la bouteille d'échantillonnage. On abaisse alors la bouteille d'aspiration jusqu'à ce que l'eau ait quitté la burette. Lorsque ceci est fait, 500 ml de gaz de la chambre d'essai ont barboté à travers la solution de KI. Les robinets sont alors fermés et la bouteille d'échantillonnage est enlevée pour le titrage.
- b) On remplit une ampoule à décantation de 400 ml avec la solution de KI et on la relie au robinet de prélèvement de la chambre d'essai. Le robinet de prélèvement et le robinet d'arrêt au bas de l'ampoule sont ouverts simultanément jusqu'à ce que 200 ml environ de la solution de KI se soient écoulés dans une éprouvette graduée placée sous l'ampoule. Le robinet de prélèvement et le robinet d'arrêt sont fermés rapidement et l'ampoule, qui contient alors un volume de gaz égal à la différence entre 400 ml et le volume de la solution de KI dans l'éprouvette graduée, est enlevée et bouchée. L'ampoule est agitée pour produire la réaction complète avec la solution de KI. La solution dans l'éprouvette graduée est testée avec la solution indicatrice à l'amidon pour la présence d'iode libre et, si on en détecte, l'échantillon de gaz est rejeté et un autre est prélevé.

La solution de KI qui a réagi avec un volume connu de gaz de la chambre d'essai, quelle que soit la méthode adoptée, est titrée avec la solution étalonée de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  en utilisant la solution indicatrice à l'amidon.

- c) *Sodium thiosulphate solution*: Sodium thiosulphate ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) solution of approximately the same strength as the standard iodine solution shall be prepared by placing about 0.24 g of  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  in a 1 000 ml flask and diluting to 1 000 ml. Since it gradually loses its strength, the solution shall be standardized against the iodine solution on the day of the ozone test.

The strength of the  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  solution, calculated as iodine equivalence and expressed as milligrams of iodine per millilitre of the solution, is:

$$\frac{F \times C}{S}$$

where:

$F$  = volume of the iodine solution in millilitres

$C$  = concentration of iodine in milligrams per millilitre

$S$  = volume of the  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  solution required for titration in millilitres

- d) *Potassium iodide solution*: about 20 g of pure KI shall be dissolved in 2 000 ml of water.
- e) *Acetic acid*: a 10% solution (by volume) shall be prepared.

#### 13.2.1.2 Test procedure

A measured volume of the air containing ozone shall be bubbled from the test chamber through the KI solution, or, a measured volume of the air containing ozone shall be collected and mixed with the KI solution, by a suitable means.

Two alternative methods which may be employed are:

- a) A sampling bottle containing 100 ml of KI solution is connected to the sampling cock of the test chamber on one side and to a 500 ml gas burette on the other. The glass tube connecting the sampling bottle to the sampling cock of the gas chamber reaches well below the level of the KI solution in the sampling bottle. The two-way stop-cock on the burette is opened to the atmosphere and the burette filled to its full mark with water by lifting the aspirator connected to the bottom of the burette. The stop-cock on the burette is then closed to the atmosphere and opened to the sampling bottle and the sampling cock on the test chamber is opened to the sampling bottle. The aspirator is then lowered until the water is emptied from the burette. When this point is reached, 500 ml of the gas from the test chamber will have bubbled through the KI solution. The stop-cocks are then closed and the bottle withdrawn for titration.
- b) A separating funnel of 400 ml capacity is filled with the KI solution and connected to the sampling cock of the test chamber. The sampling cock and the stop-cock on the bottom of the separating funnel are opened simultaneously until about 200 ml of the KI solution have drained into a graduated cylinder placed below it. The sampling cock and stop-cock are quickly closed and the separating funnel, which then contains a volume of gas equal to the difference between 400 ml and the volume of KI solution in the measuring cylinder, is removed and stoppered. The separating funnel shall be shaken to produce complete reaction with the KI solution. The solution in the graduated cylinder shall be tested with a starch indicator for the presence of free iodine and if any is detected the gas sample shall be rejected and another collected.

The KI solution which has reacted with a known volume of gas from the test chamber, by whatever method adopted, shall be titrated with the standardized  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  solution using the starch indicator.

### 13.2.1.3 *Calculs*

Comme 1 mg d'iode équivaut à 0,1 ml d'ozone à la température et à la pression ambiantes (à la pression et températures moyennes de l'ambiance dans les limites de la prévision de cette méthode d'analyse), on peut calculer la teneur en ozone comme suit:

$$\text{ozone en \% par volume} = \frac{10.S.E.}{V}$$

où:

- $S$  = volume de la solution de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  utilisé pour titrer la solution en millilitres  
 $E$  = équivalent en iode de la solution de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  en milligrammes d'iode par millilitre de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$   
 $V$  = volume de l'échantillon de gaz prélevé en millilitres

### 13.2.2 *Mesure directe avec ozonimètre*

A titre de variante de l'analyse chimique, la concentration d'ozone peut être mesurée directement avec un ozonimètre qui a été étalonné par comparaison avec les valeurs obtenues par la méthode chimique.

## 14. **Essai d'allongement à chaud**

### 14.1 *Echantillonnage — Préparation des éprouvettes et détermination de leur section*

Deux éprouvettes de chaque conducteur sont utilisées, préparées et leur section déterminée comme il est prescrit dans l'article 5. Lorsque les éprouvettes sont des éprouvettes en forme d'haltère, d'épaisseur comprise entre 0,8 mm et 2,0 mm, elles doivent être prises dans la partie interne de l'isolation, près de l'âme conductrice. Les empreintes et la couche semi-conductrice, s'il y en a, sont enlevées.

### 14.2 *Appareillage*

- a) L'essai doit se faire dans une étuve, comme indiqué au paragraphe 6.1, et maintenue à la température spécifiée pour le matériau dans la norme particulière au type de câble considéré.
- b) Des mâchoires sont prévues de telle manière que chaque éprouvette puisse être suspendue dans l'étuve par la mâchoire supérieure, des poids étant attachés à la mâchoire inférieure fixée à l'éprouvette.

### 14.3 *Mode opératoire*

- a) Les éprouvettes sont suspendues dans l'étuve et les poids sont attachés sous les mâchoires inférieures pour exercer la force de traction spécifiée pour le matériau dans la norme particulière au type de câble considéré.
- b) Après 15 min dans l'étuve à la température spécifiée, pour le matériau, dans la norme particulière au type de câble considéré, on mesure la distance entre les traits de repère et on calcule le pourcentage d'allongement. Si l'étuve n'a pas de fenêtre et s'il est nécessaire d'ouvrir la porte pour faire la mesure, celle-ci doit être effectuée dans les 30 s qui suivent l'ouverture de la porte.

En cas de litige l'essai est effectué dans une étuve à fenêtre et la mesure est effectuée sans ouvrir la porte.

### 13.2.1.3 Calculation

Since 1 mg of iodine is equivalent to 0.1 ml of ozone at room temperature and pressure (within the accuracy of this method of analysis at average room temperature and pressure), the ozone concentration can be calculated as follows:

$$\text{ozone \% by volume} = \frac{10.S.E.}{V}$$

where:

$S$  = volume of  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  solution required for titration in millilitres

$E$  = iodine equivalent of the  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  solution in milligrams of iodine per millilitre of  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

$V$  = volume of the gas sample collected in millilitres

### 13.2.2 Direct measurement with an ozonometer

As an alternative to the chemical analysis, the ozone concentration may be measured directly with an ozonometer, which has been calibrated by comparison with results obtained by the chemical method.

## 14. Hot set test

### 14.1 Sampling and preparation of test pieces, and determination of their cross-sectional area

Two test pieces of insulation from each core, after they have been prepared and their cross-sectional areas measured, as specified in the test method of Clause 5 shall be used for the test. When these test pieces are dumb-bell test pieces, not less than 0.8 mm and not more than 2.0 mm thick, they shall be prepared from the inner part of the insulating wall after any ridges and/or semiconducting layer, if any, have been removed.

### 14.2 Apparatus

- a) The test shall be carried out in an oven, as specified in Sub-clause 6.1, maintained at the temperature specified for the material in the relevant cable standard.
- b) Grips shall be provided, such that each test piece can be suspended from an upper grip in the oven and weights attached to a lower grip attached to the test piece.

### 14.3 Test procedure

- a) The test pieces shall be suspended in the oven and weights attached to the bottom jaws to exert a force of the value specified for the material in the relevant cable standard.
- b) After 15 min in the oven at the temperature specified for the material in the relevant cable standard, the distance between the marker lines shall be measured and the percentage elongation calculated. If the oven does not have a window and the oven door needs to be opened to make the measurement, the measurement shall be made not more than 30 s after opening the door.

In the case of dispute the test shall be carried out in an oven with a window and the measurement made without opening the door.

- c) On supprime alors la force de traction exercée sur les éprouvettes (en coupant l'éprouvette au ras de la mâchoire), et on laisse reposer les éprouvettes pendant 5 min à la température spécifiée.

Elles sont ensuite retirées de l'étuve où on les laisse refroidir lentement jusqu'à la température ambiante, après quoi on mesure à nouveau la distance entre les traits de repère.

#### 14.4 Prescriptions

- a) La valeur médiane de l'allongement après 15 min à la température spécifiée, les poids toujours en place, ne doit pas dépasser la valeur prescrite dans la norme particulière au type de câble considéré.
- b) Après avoir enlevé l'éprouvette de l'étuve et l'avoir laissé refroidir, la valeur médiane de la distance entre les traits de repère ne doit pas avoir augmenté d'un pourcentage supérieur à la valeur spécifiée dans la norme particulière au type de câble considéré, par rapport à la valeur obtenue avant la mise de l'éprouvette dans l'étuve.

### 15. Essai de résistance à l'huile minérale pour les gaines à base d'élastomères

#### 15.1 Echantillonnage et préparation des éprouvettes

Cinq éprouvettes sont prélevées conformément aux modes opératoires décrits dans les paragraphes 5.2.2 et 5.2.3.

#### 15.2 Détermination de la section des éprouvettes

Voir la méthode d'essai du paragraphe 5.2.4.

#### 15.3 Huile à utiliser

Sauf accord contraire, on doit utiliser l'huile minérale ASTM n° 2 bien connue ayant les caractéristiques suivantes:

- point d'aniline  $93 \pm 3$  °C.
- Viscosité à 100 °C  $20 \pm 1$  centistokes\*.
- Point éclair  $245 \pm 6$  °C.

#### 15.4 Mode opératoire

On doit immerger les éprouvettes dans le bain d'huile, chauffé au préalable à la température d'essai spécifiée, et les maintenir dans le bain à cette température pendant la durée prescrite (suivant la norme particulière au type de câble considéré).

A la fin de cette durée, les éprouvettes sont retirées de l'huile, essuyées légèrement pour retirer l'excès d'huile et suspendues dans l'air à la température ambiante pendant au moins 16 h.

#### 15.5 Détermination des propriétés mécaniques

Voir la méthode d'essai des paragraphes 5.1.6 et 5.1.7.

\* Ou  $100 \pm 5$  s (Saybold Universal).

- c) The tensile force shall then be removed from the test piece, (by cutting the test piece at the lower grip), and the test piece left to recover for 5 min at the specified temperature.

The test pieces shall then be removed from the oven and allowed to cool slowly to ambient temperature, after which the distance between the marker lines shall be measured again.

#### 14.4 Requirements

- a) The median value of the elongation, after 15 min at the specified test temperature, with the weights attached, shall not exceed the value specified in the relevant cable standard.
- b) The median value of the distance between the marker lines after removing the test piece from the oven and allowing it to cool shall not have increased from the value before inserting the test piece in the oven by more than the percentage specified in the relevant cable standard.

### 15. Mineral oil immersion test for elastomeric sheaths

#### 15.1 Sampling and preparation of the test pieces

Five test pieces shall be prepared in accordance with the procedures described in Sub-clauses 5.2.2 and 5.2.3.

#### 15.2 Determination of the cross-sectional areas of the test piece

See test method in Sub-clause 5.2.4.

#### 15.3 Oil to be used

Unless otherwise agreed, the mineral oil to be used shall be the well-known ASTM No. 2 oil having the following characteristics:

- Aniline point  $93 \pm 3$  °C.
- Viscosity at 100 °C  $20 \pm 1$  centistokes.\*
- Flash-point  $245 \pm 6$  °C.

#### 15.4 Test procedure

The test pieces shall be immersed in the oil bath, previously heated at the specified test temperature, and shall be maintained in the oil at that temperature for the specified time (see relevant cable standard).

At the end of the specified duration, the test pieces shall be removed from the oil, blotted lightly to remove excess oil and suspended in air at ambient temperature for at least 16 h.

#### 15.5 Determination of the mechanical characteristics

See test method in Sub-clauses 5.1.6 and 5.1.7.

\* Or  $100 \pm 5$  s (Saybold Universal).

### 15.6 *Expression des résultats et prescriptions*

Le calcul de la résistance à la traction doit être basé sur la section de l'éprouvette mesurée avant immersion (voir le paragraphe 15.2).

La différence entre la valeur médiane obtenue sur les éprouvettes immergées dans l'huile et la valeur médiane des résultats sur les éprouvettes non traitées (voir le paragraphe 5.1.2) est exprimée en pourcentage de cette dernière. Ce pourcentage ne doit pas dépasser le pourcentage prescrit dans la norme particulière au type de câble considéré.

## 16. **Essais électriques pour les câbles, les conducteurs et les fils, pour une tension inférieure ou égale à 450/750 V**

### 16.1 *Généralités*

Les méthodes d'essais électriques décrites ci-après constituent un guide pour les essais des fils et câbles, souples et rigides, dans la mesure où la norme particulière au type de câble considéré ne prescrit pas une autre méthode d'essai électrique.

#### 16.1.1 *Domaine d'application*

Les essais électriques s'appliquent seulement:

- aux fils et câbles sans gaines, souples et rigides;
  - aux conducteurs isolés provenant des câbles avec gaines, souples et rigides,
- et dont la tension spécifiée maximale ne dépasse pas 450/750 V.

#### 16.1.2 *Séquence des essais*

On doit effectuer la mesure de résistance d'isolement immédiatement après l'essai de tension en utilisant le même échantillon si ces deux essais sont prescrits.

### 16.2 *Essai de tension*

*Note.* — Il est recommandé de placer une résistance de protection de valeur suffisamment élevée entre le circuit raccordé à la source de tension et l'objet à essayer, de manière à limiter les dommages en cas de décharge disruptive.

#### 16.2.1 *Essai relatif aux enveloppes isolantes d'épaisseur minimale au moins égale à 0,4 mm*

Pour les câbles souples et rigides sans gaines, et pour les fils sans écran, on doit effectuer l'essai sur un échantillon de 10 m de longueur, après avoir retiré tous les revêtements extérieurs; les conducteurs des câbles souples méplats doivent être séparés.

Pour les conducteurs isolés provenant de câbles souples et rigides avec gaines, on doit effectuer l'essai sur un échantillon de conducteur de 10 m de longueur, après avoir retiré la gaine et tous les autres revêtements ou bourrages recouvrant l'enveloppe isolante; on prendra bien soin de ne pas endommager celle-ci.

On immerge les échantillons dans l'eau, à la température ambiante, avec les extrémités émergées sur une longueur suffisante pour éviter un contournement à la tension d'essai prescrite; la durée d'immersion doit être comprise entre 16 h et 24 h.

On applique la tension entre l'âme conductrice et l'eau.

Pour les fils comportant un écran métallique, on essaye un échantillon de 10 m de longueur dans l'air à la température ambiante, la tension étant appliquée entre l'âme conductrice et l'écran.

### 15.6 *Expression of results and properties*

The calculation for tensile strength shall be based on the area of the test piece measured before immersion (see Sub-clause 15.2).

The difference between the median value obtained on the test pieces immersed in oil and the median value of the results obtained (see Sub-clause 5.1.2) on the untreated test pieces, expressed as percentage of the latter, shall not exceed the percentage specified in the relevant cable standard.

## 16. **Electrical tests for cables, cords and wires for voltages up to and including 450/750 V**

### 16.1 *General*

The electrical test methods described below are given as a guide to be followed for testing wires, cords and cables in case the relevant cable standard does not prescribe a different electrical test method.

#### 16.1.1 *Scope*

The electrical tests are applicable only to:

- unsheathed wires, cords and cables;
  - cores taken from complete sheathed cords and cables,
- all having a maximum rated voltage up to and including 450/750 V.

#### 16.1.2 *Sequence of tests*

The measurement of the insulation resistance shall be carried out immediately after the voltage test using the same sample if both tests are made.

### 16.2 *Voltage test*

*Note.* — In order to minimize damage in case of breakdown, it is recommended to connect a protective resistance of adequately high value in the circuit supplying the voltage source to the object to be tested.

#### 16.2.1 *Test for insulations having a specified minimum thickness of 0.4 mm and over*

For cables and cords without a sheath and for unscreened wires, the test shall be carried out on a sample 10 m in length, after removing any covering from the insulation; the cores of flat twin flexible cords shall be separated.

For cores taken from sheathed cables and cords, the test shall be carried out on a sample of core 10 m in length after removing the sheath and any other covering or filling from the insulation, care being taken not to damage the insulation.

The samples shall be immersed in water, at ambient temperature, with the ends protruding sufficiently to avoid flashover at the prescribed test voltage; the immersion time shall be at least 16 h but not more than 24 h.

The voltage shall be applied between the conductor and the water.

For screened wires, a sample 10 m in length shall be tested in air at ambient temperature, the voltage being applied between the conductor and the screen.

La tension d'essai alternative, spécifiée dans la norme particulière au type de câble considéré, doit être portée progressivement à la valeur prescrite en un temps compris entre 2 s et 10 s. Cette tension doit être maintenue pendant la durée prescrite dans la norme particulière au type de câble considéré.

### 16.2.2 Essai relatif aux enveloppes isolantes d'épaisseur minimale inférieure à 0,4 mm

#### 16.2.2.1 Fils et conducteurs sans écran

On enroule, en hélice à spires jointives, sur un mandrin métallique de 100 mm de diamètre un échantillon d'environ 10 m de longueur de fil complet ou de conducteur isolé (après en avoir retiré, s'il y a lieu, la gaine et les bourrages). La force appliquée au fil au cours de l'enroulement ne doit pas être inférieure à 5 N.

On effectue l'essai à la température ambiante. On applique la tension d'essai entre l'âme conductrice et le mandrin métallique. Pour les câbles multipolaires, on applique successivement la tension entre chaque âme et toutes les autres âmes réunies au mandrin métallique.

La tension d'essai alternative ou continue, spécifiée dans la norme particulière au type de câble considéré, doit être portée progressivement à la valeur prescrite en un temps compris entre 2 s et 10 s. Cette tension doit être maintenue pendant la durée prescrite dans la norme particulière au type de câble considéré.

#### 16.2.2.2 Fils avec écran

Un échantillon de fil complet, ayant une longueur d'environ 10 m, est enroulé, sans tension mécanique, en couronne dont le diamètre est approximativement celui des bobines de livraison.

On retire l'écran et l'enveloppe isolante sur 50 mm à chaque extrémité de l'échantillon. On dénude les extrémités de l'enveloppe isolante en repoussant le bord de l'écran que l'on maintient en position par un ruban adhésif. L'essai est effectué à la température ambiante.

On applique successivement la tension entre chaque âme et toutes les autres âmes réunies à l'écran. Si les conducteurs isolés comportent un écran individuel, tous les écrans sont réunis entre eux pour l'essai. La tension d'essai, alternative ou continue, spécifiée dans la norme particulière au type de câble considéré, doit être portée progressivement à la valeur prescrite en un temps compris entre 2 s et 10 s. Cette tension doit être maintenue pendant la durée prescrite dans la norme particulière au type de câble considéré.

### 16.3 Mesures de la résistance d'isolement

*Note.* — Les mesures de la résistance d'isolement sont effectuées avec un matériel présentant une erreur de mesure inférieure ou égale à 10% de la valeur à mesurer.

#### 16.3.1 Essai relatif aux enveloppes isolantes d'épaisseur minimale au moins égale à 0,4 mm

##### 16.3.1.1 Mesure à la température ambiante

Après exécution de l'essai de rigidité diélectrique dans l'eau, on immerge le même échantillon de conducteur sans gaine, de conducteur isolé ou de fil sans écran, d'une longueur de l'ordre de 10 m, dans l'eau à  $20 \pm 1$  °C. On effectue les mesures après au moins 1 h.

Pour les fils avec écran, on doit effectuer l'essai à sec ou par immersion à la température de  $20 \pm 5$  °C sur un échantillon de 10 m de longueur; en cas de litige, on doit répéter la mesure à  $20 \pm 1$  °C.

Une tension électrique continue comprise entre 80 V et 500 V est appliquée entre l'âme conductrice et l'eau ou l'écran.

The a.c. test voltage, as specified in the relevant cable standard, shall be increased gradually and the prescribed value reached in a time of 2 s to 10 s. The voltage shall be maintained for the period specified in the relevant cable standard.

### 16.2.2 *Test for insulation having a specified minimum thickness less than 0.4 mm*

#### 16.2.2.1 *Unscreened wires and cores*

A sample of the finished wire, or a sample of core (after removal of the sheath and filling, if any), approximately 10 m in length, shall be wound in a close helix around a metal mandrel of 100 mm diameter. The force exerted on the wire during the winding shall be not less than 5 N.

The test shall be carried out at ambient temperature. The voltage shall be applied between the conductor to be tested and the metal mandrel. For multicore cables, the voltage shall be applied between each conductor in turn and all others connected to the metal mandrel.

The d.c. or a.c. test voltage, as specified in the relevant cable standard, shall be increased gradually and the prescribed value reached in a time from 2 s to 10 s. The voltage shall be maintained for the period specified in the relevant cable standard.

#### 16.2.2.2 *Screened wires*

A sample of the finished wire, approximately 10 m in length, shall be wound into a loose coil of approximately the same diameter as a despatch reel.

The screen and the insulation shall then be removed for a length of 50 mm at each end of the sample. The ends of the screen shall be pushed back from the ends of the insulation and retained in that position by tape. The test shall be carried out at ambient temperature.

The voltage shall be applied between each conductor in turn and the others connected to the screen. If the insulated conductors are individually screened, the screens shall be connected together for the test. The d.c. or a.c. test voltage, as specified in the relevant cable standard, shall be increased gradually and the prescribed value reached in a time from 2 s to 10 s. The voltage shall be maintained for the period specified in the relevant cable standard.

### 16.3 *Insulation resistance tests*

*Note.* — The insulation resistance tests are carried out by means of a device providing a measuring accuracy better than or equal to 10% of the value to be determined.

#### 16.3.1 *Test for insulation having a specified minimum thickness of 0.4 mm and over*

##### 16.3.1.1 *Measurement at ambient temperature*

After completion of the electric strength test in water, the same sample of unsheathed cord, core or unscreened wire, approximately 10 m in length, shall be immersed in water at  $20 \pm 1$  °C. After at least 1 h, the measurements shall be carried out.

For screened wires, the test shall be made dry or immersed at a temperature of  $20 \pm 5$  °C on a sample 10 m in length; in case of dispute, the measurement shall be repeated at  $20 \pm 1$  °C.

A d.c. voltage between 80 V and 500 V shall be applied between the conductor and the water or the screen.

La mesure de la résistance d'isolement doit être effectuée en un temps compris entre 1 min et 5 min après l'application de la tension.

#### 16.3.1.2 *Mesure à température élevée*

On effectue la mesure sur l'échantillon qui a été utilisé pour les essais de rigidité diélectrique et de mesure de la résistance d'isolement à la température ambiante (s'ils sont prescrits).

Le mode opératoire est le même que celui qui est décrit au paragraphe 16.3.1.1, avec cette différence que l'échantillon est immergé dans l'eau à  $70 \pm 2$  °C ou à toute autre température prescrite, pendant 2 h, avant l'application de la tension continue d'essai.

#### 16.3.2 *Essai relatif aux enveloppes isolantes d'épaisseur minimale inférieure à 0,4 mm*

##### 16.3.2.1 *Fils conducteurs sans écran*

Après exécution de l'essai de rigidité diélectrique, on enroule le même échantillon de fil complet ou conducteur isolé, d'une longueur de l'ordre de 10 m, en hélice à spires jointives, sur un mandrin métallique de 100 mm de diamètre.

On doit avoir fait séjourner le mandrin pendant au moins 24 h à la même température que celle du fil. La force appliquée au fil au cours de l'enroulement ne doit pas être inférieure à 5 N.

La tension d'essai doit être comprise entre 80 V et 500 V en courant continu.

On effectue la mesure de résistance d'isolement en un temps compris entre 1 min et 5 min après l'application de la tension, successivement entre chaque âme et toutes les autres âmes réunies au mandrin.

##### 16.3.2.2 *Fils avec écran*

Après exécution de l'essai de rigidité diélectrique, on enroule le même échantillon de fil complet, d'une longueur de l'ordre de 10 m, sans tension mécanique, en couronne dont le diamètre est approximativement celui des bobines de livraison.

On retire l'écran et l'enveloppe isolante sur 50 mm à chaque extrémité de l'échantillon. On dénude les extrémités de l'enveloppe isolante en repoussant le bord de l'écran que l'on maintient en position par un ruban adhésif.

L'essai est effectué à la température de  $20 \pm 5$  °C; en cas de litige sur la valeur de résistance d'isolement, la mesure doit être répétée à  $20 \pm 1$  °C.

La tension d'essai doit être comprise entre 80 V et 500 V en courant continu.

On mesure la résistance d'isolement en un temps compris entre 1 min et 5 min après l'application de la tension successivement entre chaque âme et toutes les autres âmes réunies à l'écran. Si les âmes isolées comportent un écran individuel, tous les écrans doivent être réunis entre eux pour l'essai.

### 17. **Stabilité thermique des enveloppes isolantes et des gaines de p.c.v.**

#### 17.1 *Appareillage d'essai*

L'appareillage comprend:

- des tubes en verre fermés à une extrémité (par exemple par fusion) de 110 mm de long avec un diamètre extérieur d'environ 5 mm et un diamètre intérieur de  $4,0 \pm 0,5$  mm;