

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
811-1-3**

Deuxième édition
Second edition
1993-12

**Matériaux d'isolation et de gainage
des câbles électriques –
Méthodes d'essais communes –**

Partie 1:

Application générale –
Section 3: Méthodes de détermination
de la masse volumique –
Essais d'absorption d'eau –
Essai de rétraction

**Insulating and sheathing materials
of electric cables –
Common test methods –**

Part 1:

General application –
Section 3: Methods for determining
the density –
Water absorption tests – Shrinkage test



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 811-1-3: 1993

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

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

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity 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 relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

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

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV 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 publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, 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 end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
811-1-3**

Deuxième édition
Second edition
1993-12

**Matériaux d'isolation et de gainage
des câbles électriques –
Méthodes d'essais communes –**

Partie 1:
Application générale –
Section 3: Méthodes de détermination
de la masse volumique –
Essais d'absorption d'eau –
Essai de rétraction

**Insulating and sheathing materials
of electric cables –
Common test methods –**

Part 1:
General application –
Section 3: Methods for determining
the density –
Water absorption tests – Shrinkage test

© CEI 1993 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 pro-
cédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et
les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

L

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application	6
1.1 Référence normative	6
2 Valeurs prescrites pour les essais	6
3 Application	6
4 Essais de type et autres essais	8
5 Préconditionnement	8
6 Température d'essai	8
7 Valeur médiane	8
8 Méthodes de détermination de la masse volumique	8
8.1 Méthodes de suspension (méthode générale)	8
8.2 Méthode du pycnomètre (méthode de référence)	10
8.3 Correction pour le polyéthylène (PE) chargé	12
9 Essais d'absorption d'eau	14
9.1 Méthode électrique	14
9.2 Méthode pondérale pour l'absorption d'eau	16
10 Essai de rétraction de l'enveloppe isolante	18
11 Essai de rétraction des gaines PE	20

CONTENTS

	Page
FOREWORD.....	5
Clause	
1 Scope	7
1.1 Normative reference	7
2 Test values	7
3 Applicability	7
4 Type tests and other tests	9
5 Pre-conditioning	9
6 Test temperature	9
7 Median value	9
8 Methods for determining the density	9
8.1 Suspension method (general method)	9
8.2 Pycnometer method (reference method)	11
8.3 Correction for filled polyethylene (PE)	13
9 Water absorption tests	15
9.1 Electrical test	15
9.2 Gravimetric water absorption test	17
10 Shrinkage test for insulation	19
11 Shrinkage test for PE sheaths	21

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX D'ISOLATION ET DE GAINAGE DES CÂBLES ÉLECTRIQUES – MÉTHODES D'ESSAIS COMMUNES –

Partie 1: Application générale – Section 3: Méthodes de détermination de la masse volumique – Essais d'absorption d'eau – Essai de rétraction

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études 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.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La Norme internationale CEI 811-1-3 a été établie par le sous-comité 20A: Câbles de haute tension, du comité d'études 20 de la CEI: Câbles électriques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1985, son corrigendum (1986), la modification 1 (1990) et l'amendement 2 (1993). Cette deuxième édition constitue une révision technique.

Le texte de la présente norme est issu de la première édition, de la modification 1, de l'amendement 2 et des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
20A(BC)152	20A(BC)162

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INSULATING AND SHEATHING MATERIALS
OF ELECTRIC CABLES –
COMMON TEST METHODS –****Part 1: General application –
Section 3: Methods for determining the density –
Water absorption tests –
Shrinkage test**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.

International Standard IEC 811-1-3 has been prepared by sub-committee 20A: High-voltage cables, of IEC technical committee 20: Electric cables.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1985, its corrigendum (1986), amendment 1 (1990) and amendment 2 (1993). This second edition constitutes a technical revision.

The text of this standard is based on the first edition, the amendments 1 and 2 and on the following documents:

DIS	Report on voting
20A(CO)152	20A(CO)162

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

MATÉRIAUX D'ISOLATION ET DE GAINAGE DES Câbles ÉLECTRIQUES – MÉTHODES D'ESSAIS COMMUNES –

Partie 1: Application générale – Section 3: Méthodes de détermination de la masse volumique – Essais d'absorption d'eau – Essai de rétraction

1 Domaine d'application

La présente section de la CEI 811-1 précise les méthodes d'essais à employer pour l'essai des matériaux polymères d'isolation et de gainage des câbles électriques pour la distribution d'énergie et les télécommunications, y compris les câbles utilisés à bord des navires.

Cette section trois de la partie 1 donne les méthodes de détermination de la masse volumique et les méthodes pour les essais d'absorption d'eau et pour l'essai de rétraction, qui s'appliquent aux types les plus courants de mélanges des isolants et des gaines (élastomères, PVC, PE, PP, etc.).

1.1 Référence normative

Le document normatif suivant contient des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente section de la CEI 811-1. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente section de la CEI 811-1 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

ISO 1183: 1987, *Plastiques – Méthodes pour déterminer la masse volumique et la densité relative des plastiques non alvéolaires*

2 Valeurs prescrites pour les essais

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

Toutes les valeurs prescrites pour les essais dans cette norme peuvent être modifiées par la norme du câble correspondant afin de répondre aux exigences particulières de celui-ci.

3 Application

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

INSULATING AND SHEATHING MATERIALS OF ELECTRIC CABLES – COMMON TEST METHODS –

Part 1: General application – Section 3: Methods for determining the density – Water absorption tests – Shrinkage test

1 Scope

This section of IEC 811-1 specifies the test methods to be used for testing polymeric insulating and sheathing materials of electric cables for power distribution and telecommunications including cables used on ships.

This section three of part 1 gives the methods for determining the density, water absorption tests and shrinkage test which apply to the most common types of insulating and sheathing compounds (elastomeric, PVC, PE, PP, etc.).

1.1 Normative reference

The following normative document contains provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this section of IEC 811-1. At the time of publication, the edition indicated was valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this section of IEC 811-1 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

ISO 1183: 1987, *Plastics – Methods for determining the density and relative density of non-cellular plastics*

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.

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.

4 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 type et les essais plus répétitifs, comme les essais individuels; ces différences sont alors précisées.

5 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 ou de gainage.

Si l'essai est effectué à la température ambiante, les éprouvettes doivent être conservées pendant au moins 3 h à une température de $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

6 Température d'essai

Les essais doivent être effectués à la température ambiante, sauf spécification contraire.

7 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.

8 Méthodes de détermination de la masse volumique

8.1 Méthodes de suspension (méthode générale)

8.1.1 Matériel d'essai

- 1) Ethanol (alcool éthylique) pour analyse ou autre liquide approprié pour les masses volumiques inférieures à 1 g/ml.
- 2) Solution de chlorure de zinc pour les masses volumiques égales ou supérieures à 1 g/ml.
- 3) Eau distillée.
- 4) Cylindre mélangeur.
- 5) Enceinte thermostatée.
- 6) Aréomètre gradué, étalonné à $23 ^\circ\text{C}$.
- 7) Thermomètre gradué en dixièmes de degré Celsius.

8.1.2 Mode opératoire

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

4 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.

5 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.

If the test is carried out at ambient temperature, the test pieces shall be kept for at least 3 h at a temperature of $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

6 Test temperature

Unless otherwise specified, tests shall be carried out at ambient temperature.

7 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.

8 Methods for determining the density

8.1 Suspension method (general method)

8.1.1 Testing equipment

- 1) Ethanol (ethyl-alcohol) of analytical grade or another suitable liquid for densities below 1 g/ml.
- 2) Zinc chloride solution for densities equal to or greater than 1 g/ml.
- 3) Distilled water.
- 4) Mixing cylinder.
- 5) Thermostat.
- 6) Hydrometer calibrated at $23 ^\circ\text{C}$.
- 7) Thermometer graduated in tenths of a degree Celsius.

8.1.2 Procedure

9.1.2.1 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.

Les mélanges liquides appropriés sont:

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

9.1.2.2 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. Cette masse est égale à la masse volumique des éprouvettes à mesurer.

NOTE - La méthode du gradient spécifiée dans l'ISO 1183 peut également être utilisée.

8.2 Méthode du pycnomètre (méthode de référence)

8.2.1 Appareillage

L'appareillage nécessaire à cette méthode comprend:

- une balance avec une précision de 0,1 mg;
- un pycnomètre de 50 ml de capacité;
- un bain liquide avec un contrôle thermostatique.

8.2.2 Eprouvette

L'éprouvette doit être prélevée sur l'enveloppe isolante nue ou sur la gaine nue. La masse d'éprouvette ne doit pas être inférieure à 1 g, ni supérieure à 5 g. L'éprouvette est obtenue 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.

8.2.3 Conditionnement

L'éprouvette doit être à la même température ambiante de (23 ± 2) °C.

8.2.4 Mode opératoire

On pèse le pycnomètre vide et sec, puis une quantité appropriée d'éprouvette dans la pycnomètre. On recouvre l'éprouvette du liquide d'immersion (alcool à 96 %) et on évacue tout l'air de l'éprouvette, 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 du 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.

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.

9.1.2.2 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 three decimal places; the determined density is the same as that of the samples under test.

NOTE - The gradient method specified in ISO 1183 may also be used.

8.2 *Pycnometer method (reference method)*

8.2.1 *Apparatus*

The apparatus for this method consists of:

- a balance with a precision of 0,1 mg;
- a pycnometer of 50 ml capacity;
- a liquid bath provided with a thermostatic control.

8.2.2 *Test piece*

The test piece shall be taken from the bare insulation or sheath. The mass of the test piece shall be not less than 1 g and not greater than 5 g. The test piece 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.

8.2.3 *Conditioning*

The test pieces shall be at an ambient temperature of (23 ± 2) °C.

8.2.4 *Procedure*

After weighing the pycnometer empty and dry, a suitable quantity of the test piece shall be weighed in the pycnometer. The test piece shall be covered with the immersion liquid (alcohol, 96 %) and all air removed from the test piece 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.

8.2.5 Calcul

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

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

où

m est la masse de l'éprouvette, en grammes;

m_1 est la masse du liquide nécessaire pour remplir le pycnomètre, en grammes;

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

d est la masse volumique du liquide d'immersion à $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ avec de l'éthanol à 96 %, $d = 0,7988\text{ g/ml}$ à $23\text{ }^{\circ}\text{C}$.

8.3 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 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

δ est la masse volumique du PE (valeur corrigée), en g/cm^3 ;

δc est la masse volumique mesurée du mélange PE, en g/cm^3 ;

δF est la masse volumique de l'additif ou de la charge (valeur mesurée), en g/cm^3 ;

m est la masse de PE polymère (différence entre m_c et m_F), en grammes;

m_c est la masse du mélange PE (valeur mesurée), en grammes;

m_F est la 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 est la valeur numérique du pourcentage de noir de carbone.

8.2.5 Calculation

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

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

where

m is the mass of test piece, in grams;

m_1 is the mass of liquid required to fill the pycnometer, in grams;

m_2 is the mass of liquid required to fill the pycnometer, when containing the test piece, in grams;

d is the density of immersion liquid at 23 °C with ethanol at 96 %, $d = 0,7988\text{ g/ml}$ at 23 °C.

8.3 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 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

δ is the density of the PE (corrected value), in g/cm^3 ;

δc is the measured density of PE compound, in g/cm^3 ;

δF is the density of additive or filler (measured value), in g/cm^3 ;

m is the mass of PE polymer (difference of m_c and m_F), in grams;

m_c is the mass of PE compound (measured value), in grams;

m_F is the 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 is the numerical value of the percentage of carbon black.

9 Essais d'absorption d'eau

9.1 Méthode électrique

9.1.1 Appareillage d'essai

- 1) Sources électriques en courant continu et en courant alternatif.
- 2) Voltmètre.
- 3) Bac à eau avec un dispositif de chauffage.

9.1.2 Préparation de l'éprouvette

Les conducteurs à essayer sont prélevés à partir d'un échantillon de câble d'environ 3 m de long: on prendra toutes les précautions nécessaires pour ne pas endommager l'isolant.

9.1.3 Méthode d'essai

a) Essai préliminaire

Les conducteurs sont immergés dans le bac à eau, dans lequel l'eau a été chauffée à la température spécifiée dans la norme particulière au type de câble considéré.

On laisse les extrémités de chaque conducteur émerger suffisamment au-dessus du niveau de l'eau pour éviter tout dommage dû au courant de fuite le long du conducteur, lorsqu'on applique la tension prescrite entre l'âme conductrice et l'eau.

Après une immersion de 1 h, on applique, pendant 5 min, une tension alternative de 4 kV entre les âmes conductrices et l'eau. Si un échantillon de conducteur claque, il est enlevé et ne peut être utilisé pour l'essai spécifié au point b) ci-dessous. On ne répète pas l'essai plus de deux fois cependant, en prenant un autre échantillon prélevé sur le même conducteur, qui doit être soumis au même essai préliminaire.

L'objet de cet essai préliminaire est de s'assurer qu'aucun conducteur endommagé n'est utilisé pour l'essai principal.

b) Essai principal

Les échantillons qui ont satisfait à l'essai préliminaire sont laissés dans le bac à eau, toujours maintenu à la température spécifiée dans la norme particulière au type de câble considéré.

On applique une tension continue dont la valeur est spécifiée dans le tableau ci-dessous, entre les âmes conductrices et l'eau pendant la durée spécifiée dans la norme particulière au type de câble considéré, le pôle négatif étant relié à l'âme de chaque éprouvette.

Epaisseur e de l'isolant spécifiée Valeur moyenne mm	Tension continue V
0,8 et 0,9	800
1,0 et 1,2	1 000
$1,2 < e \leq 1,6$	1 400
$1,6 < e \leq 2,0$	2 000
$2,0 < e$	2 500

9.1.4 Evaluation des résultats

Aucun claquage ne doit intervenir.

9 Water absorption tests

9.1 Electrical test

9.1.1 Test equipment

- 1) A.C. and d.c. voltage sources.
- 2) Voltmeter.
- 3) Water bath with heating equipment.

9.1.2 Preparation of test pieces

The cores to be tested shall be removed from a sample of cable approximately 3 m long. Care shall be taken to avoid damage to the insulation during removal of the cores.

9.1.3 Test procedure

a) Pre-test

The cores shall be immersed in a water bath in which the water has been heated to the temperature specified in the standard for the type of cable.

The ends of the cores shall protrude sufficiently above the water level to prevent damage due to leakage current along the surface of the cores when the required voltage is applied between the conductors and the water.

After the cores have been immersed in the water for 1 h, an a.c. voltage of 4 kV shall be applied between the conductors and the water for 5 min. If any sample of core breaks down it shall be removed from the water bath and not used in the main test specified in Item b) below. However, the test shall be repeated not more than twice, by taking another sample of the same core, which shall be subjected to the same pre-test.

The object of the pre-test is to ensure that only undamaged cores are used for the main test.

b) Main test

Cores which are satisfactory on the pre-test shall remain in the water bath with the water still maintained at the temperature specified in the relevant standard.

A d.c. voltage in accordance with the table below shall be applied between the conductors and the water for the time specified in the standard for the type of cable, the negative pole being connected to the conductor of each test piece.

Thickness t of insulation specified Mean value mm	D.C. voltage V
0,8 and 0,9	800
1,0 and 1,2	1 000
$1,2 < t \leq 1,6$	1 400
$1,6 < t \leq 2,0$	2 000
$2,0 < t$	2 500

9.1.4 Evaluation of results

No breakdown shall occur.

9.2 Méthode pondérale pour l'absorption d'eau

9.2.1 Préparation des éprouvettes

- a) Pour les câbles ayant des âmes de section nominale inférieure ou égale à 25 mm^2 et une tension nominale jusqu'à et y compris 0,6/1 kV:

Chaque éprouvette est constituée d'un morceau de conducteur de 300 mm de longueur environ.

- b) Pour tous les autres câbles:

Des tranches de 0,6 mm à 0,9 mm d'épaisseur sont obtenues par coupe ou par meulage de l'isolant. Les surfaces doivent être approximativement parallèles et lisses.

Des éprouvettes de 80 mm à 100 mm de long et de 4 mm à 5 mm de large sont ensuite découpées dans les tranches.

- c) Deux éprouvettes de chacun des conducteurs à essayer sont préparées.

9.2.2 Mode opératoire

- a) Pour les éprouvettes conformes au point a) de 9.2.1:

Nettoyer la surface de l'éprouvette en la frottant avec un papier filtre imbibé d'eau.

Laisser sécher l'éprouvette à $(70 \pm 2)^\circ\text{C}$ jusqu'à ce que sa masse reste constante. On peut également la laisser sécher en la laissant pendant 24 h dans une enceinte chauffée à $(70 \pm 2)^\circ\text{C}$ et dans laquelle règne une pression au plus égale à 6,6 mbar. Refroidir l'échantillon dans un dessiccateur.

Peser l'éprouvette à 0,1 mg près. Soit M1 la masse mesurée en milligrammes.

Courber l'éprouvette autour d'un mandrin dont le diamètre est au moins de six à huit fois le diamètre de l'éprouvette, de façon à lui donner la forme d'un U dont on emmanche les extrémités de force dans des passages pratiqués dans le couvercle d'un récipient en verre approprié. Seules les deux éprouvettes du même conducteur devront être dans le récipient en verre.

Régler la position de l'éprouvette de façon que 250 mm de sa longueur soient immergés lorsque le récipient est plein d'eau jusqu'au bord et le couvercle en place.

Utiliser de l'eau distillée que l'on a fait bouillir au préalable.

Laisser séjourner l'éprouvette à la température et pendant la durée spécifiées dans la norme particulière. Si la durée n'est pas spécifiée, elle doit être de deux semaines pour les épaisseurs spécifiées jusqu'à 1,0 mm, trois semaines pour des épaisseurs comprises entre 1,1 mm et 1,5 mm, et quatre semaines pour des épaisseurs supérieures à 1,5 mm. Si la température n'est pas spécifiée, elle doit être égale à la température maximale de l'âme moins 5°C mais sans dépasser 90°C . Le niveau de l'eau doit être maintenu au ras de la surface interne du couvercle.

On laisse ensuite refroidir l'eau jusqu'à la température ambiante. On enlève l'éprouvette, on la secoue de façon à faire tomber les gouttes d'eau adhérentes, on l'éponge légèrement avec un papier filtre et on la pèse au milligramme près dans un temps compris entre 2 min et 3 min après sa sortie de l'eau. Soit M2 la nouvelle masse en milligrammes.

Finalement, on sèche l'éprouvette en procédant dans les mêmes conditions qu'avant immersion, c'est-à-dire en choisissant celle des deux méthodes prévues ci-dessus qui a été utilisée avant la première pesée. Soit M3 la masse finale en milligrammes.

9.2 Gravimetric water absorption test

9.2.1 Preparation of test piece

- a) For cables with conductors of nominal cross-sectional area equal to or less than 25 mm^2 and rated voltage up to and including 0,6/1 kV:

Each test piece shall be a piece of core approximately 300 mm in length.

- b) For all other cables:

Slices of 0,6 mm to 0,9 mm thickness shall be ground or cut in the insulation with surfaces approximately parallel and free from roughness.

Test pieces 80 mm to 100 mm long and 4 mm to 5 mm wide shall be punched out of the slices.

- c) Two test pieces shall be prepared from each core to be tested.

9.2.2 Testing procedure

- a) For test pieces as in Item a) of 9.2.1:

Clean the surface of the test piece by rubbing with a filter paper moistened with water.

Allow the test piece to dry at $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$ to constant weight. It may also be allowed to dry by placing it for 24 h in a low-pressure oven at not more than 6,6 mbar and $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Cool the sample in a desiccator.

Weigh the test piece to within 0,1 mg. Let M1 be the mass in milligrams.

Wind the test piece around a mandrel, whose diameter is at least six to eight times that of the test piece, so as to bend it to a U shape and force the ends through apertures bored in the cover of a suitable glass vessel. Only the two test pieces of the same core should be in the glass vessel.

Adjust the position of the test piece such that 250 mm of its length is immersed when the vessel is filled with water up to the edge of the fitted cover.

Use preboiled distilled water.

Allow the test piece to remain at the temperature and for the time specified in the product standard. If the time is not specified, it shall be two weeks for specified thicknesses up to 1,0 mm, three weeks for thicknesses between 1,1 mm and 1,5 mm, and four weeks for thicknesses above 1,5 mm. If the temperature is not specified, it shall be the maximum conductor temperature minus $5 ^\circ\text{C}$, but not exceeding $90 ^\circ\text{C}$. The water level shall be maintained up to the inside surface of the cover.

Now allow the water to cool to ambient temperature. Remove the test piece and shake off any drops of water adhering to it, wipe lightly with a filter paper and weigh to the nearest milligram within 2 min to 3 min of its being removed from the water. Let M2 be the new mass in milligrams.

Finally, dry out the test piece under the same conditions as were used before immersion, i.e. using whichever of the two alternative methods described above had been used before the first weighing. Let M3 be the final mass in milligrams.

b) Pour les éprouvettes conformes au point b) de 9.2.1:

Les éprouvettes, dont les surfaces ont été soigneusement nettoyées, sont chauffées à $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$ sous vide (pression résiduelle voisine de 1 mbar) pendant 72 h. Des matériaux nettement différents ne doivent pas être traités en même temps dans l'étuve ou dans la cellule.

Après ce traitement, les éprouvettes sont refroidies pendant 1 h dans un dessiccateur et pesées à 0,1 mg près (masse M1).

Les éprouvettes sont ensuite immergées dans de l'eau permutée (ou distillée) à la température et durant le temps spécifiés dans la norme particulière du type de câble considéré. Si la température n'est pas spécifiée, elle doit être égale à la température maximale de l'âme moins $5 ^\circ\text{C}$, mais sans dépasser $90 ^\circ\text{C}$. Chaque éprouvette est complètement immergée dans un tube en verre qui comporte un condenseur, ou dans un cristalliseur muni d'un couvercle en verre.

Si un condenseur est utilisé, sa partie supérieure est couverte avec une feuille d'aluminium pour éviter toute contamination.

Après le temps prévu dans la norme particulière au type de câble considéré ou, à défaut, après 14 jours, les éprouvettes sont transportées et refroidies dans de l'eau permutée (ou distillée) à la température ambiante. Puis chaque éprouvette est sortie de l'eau, secouée pour enlever les gouttes d'eau, séchée avec un papier filtre spécial sans peluche et pesée à 0,1 mg près (masse M2). Finalement, l'éprouvette est traitée dans les mêmes conditions que celles utilisées avant immersion. Soit M3 la masse finale en milligrammes.

9.2.3 Expression des résultats

a) La variation de masse en milligrammes est calculée par application de l'une des formules suivantes:

1) si la masse finale M3 est inférieure à la masse M1:

$$(M2 - M3)/A$$

2) si la masse finale M3 est supérieure à la masse M1:

$$(M2 - M1)/A$$

où A est, pour les éprouvettes conformes au point a) de 9.2.1, la surface en centimètres carrés de la portion immergée de 250 mm de longueur de l'échantillon et, pour les éprouvettes conformes au point b) de 9.2.1, la surface totale de l'éprouvette immergée, en centimètres carrés.

b) La valeur moyenne de la variation de masse des deux éprouvettes est consignée comme étant la valeur pour le conducteur en essai.

10 Essai de rétraction de l'enveloppe isolante

10.1 Echantillonnage

Un échantillon d'environ 1,5 L mm de long de chaque conducteur à essayer est prélevé à au moins 0,5 m de l'extrémité du câble.

L est la longueur donnée dans les normes particulières.

b) For test pieces as in Item b) of 9.2.1:

The test pieces, with thoroughly cleaned surfaces, shall be heated at $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$ under vacuum (residual pressure close to 1 mbar) for 72 h. Materials of substantially different compositions shall not be treated in the same cell or oven at the same time.

After this treatment, the test pieces shall be cooled for 1 h in a desiccator and weighed to the nearest 0,1 mg (mass M1).

The test pieces shall then be immersed in deionized (or distilled) water at the temperature and for the time specified in the standard for the type of cable. If the temperature is not specified, it shall be the maximum conductor temperature minus $5 ^\circ\text{C}$, but not greater than $90 ^\circ\text{C}$. Each test piece shall be completely immersed in a separate glass to be equipped with a condenser, or in a beaker covered with a glass lid.

If a condenser is used, its upper part shall be covered with aluminium foil to prevent any contamination.

After the time specified in the standard for the type of cable, or after 14 days if the time is not specified in the cable standard, the test pieces shall be transferred into deionized (or distilled) water at room temperature and kept there to cool. Then each test piece shall be removed from the water, shaken to detach any adherent drops, dried with special filter paper leaving no fibres, and weighed to the nearest 0,1 mg (mass M2). Finally the test piece shall be treated under the same conditions as were used before immersion. Let M3 be the final mass in milligrams.

9.2.3 Expression of results

a) The mass variation in milligrams shall be calculated from one of the following formulae:

1) if the final mass M3 is less than M1:

$$(M2 - M3)/A$$

2) if the final mass M3 is greater than M1:

$$(M2 - M1)/A$$

where A is, for test pieces as in item a) of 9.2.1, the surface area in square centimetres of the 250 mm long immersed portion of sample, and, for test pieces as in item b) of 9.2.1, the total surface area of the immersed test piece in square centimetres.

b) The mean value of the mass variation of the two test pieces shall be recorded as the value for the core.

10 Shrinkage test for insulation

10.1 Sampling

One sample about 1,5 L mm in length of each core to be tested shall be taken at least 0,5 m away from the end of the cable length.

L is the length given in the relevant cable standard.

10.2 Préparation des éprouvettes

Tous les revêtements du conducteur isolé, à l'exception des écrans semi-conducteurs extrudés adhérents éventuels, sont enlevés sans délai.

Cinq minutes au maximum après avoir coupé les échantillons, on repère sur le milieu de chaque tronçon de conducteur, une longueur de $L \pm 5$ mm. La distance entre les traits est mesurée avec une précision de 0,5 mm. On prépare les éprouvettes en coupant et en enlevant l'isolant des deux côtés de chaque échantillon, de 2 mm à 5 mm au-delà des traits.

10.3 Mode opératoire

Les éprouvettes sont placées horizontalement dans une étuve à air, supportées par leurs extrémités dénudées, ou posées sur un bain de talc, pour permettre le libre mouvement de l'isolant. Elles sont chauffées à la température et pendant la durée spécifiées dans la norme particulière au type de câble considéré.

Après avoir laissé l'éprouvette refroidir à la température ambiante, on mesure la distance entre les traits de repère sur l'isolant, à 0,5 mm près.

10.4 Expression des résultats

L'écart entre les distances mesurées avant traitement de chauffage et après le refroidissement consécutif au traitement de chauffage est exprimé en pourcentage de la distance mesurée avant le traitement de chauffage.

11 Essai de rétraction des gaines PE

11.1 Equipement d'essai

Etuve chauffée électriquement et aérée naturellement.

Bande de mesures graduée tous les 1 mm.

11.2 Échantillonnage

La câble à essayer est conservé pendant au moins 24 h à température ambiante avant l'essai.

Un échantillon de (500 ± 5) mm de long est prélevé à au moins 2 m de l'extrémité du câble.

11.3 Préparation des éprouvettes

La longueur initiale de la gaine (L_1) est déterminée, immédiatement après la coupe, comme la valeur moyenne de deux mesures. Celles-ci sont effectuées longitudinalement et parallèlement à l'axe de l'échantillon de câble entre les repères diamétralement opposés aux extrémités de l'échantillon. Si l'échantillon est courbé, ces mesures sont effectuées à l'intérieur et à l'extérieur de la courbure.