

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 811-2-1
Première édition — First edition
1986

**Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation
et de gainage des câbles électriques**

Deuxième partie: Méthodes spécifiques pour les mélanges élastomères
Section un — Essai de résistance à l'ozone — Essai d'allongement à chaud —
Essai de résistance à l'huile

**Common test methods for insulating and sheathing materials
of electric cables**

Part 2: Methods specific to elastomeric compounds
Section One — Ozone resistance test — Hot set test —
Mineral oil immersion test



© CEI 1986

Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), 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 VEI peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du VEI, 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 617 de la CEI: Symboles graphiques pour schémas.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 617 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 les pages 3 et 4 de la couverture, qui énumèrent 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 (IEV), 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 IEV will be supplied on request.

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:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 617: Graphical symbols for diagrams.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 617, 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 pages 3 and 4 of the cover which list 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 811-2-1
Première édition — First edition
1986

**Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation
et de gainage des câbles électriques**

Deuxième partie: Méthodes spécifiques pour les mélanges élastomères
**Section un — Essai de résistance à l'ozone — Essai d'allongement à chaud —
Essai de résistance à l'huile**

**Common test methods for insulating and sheathing materials
of electric cables**

Part 2: Methods specific to elastomeric compounds
**Section One — Ozone resistance test — Hot set test —
Mineral oil immersion test**



© CEI 1986

Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembe
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Valeurs prescrites pour les essais	6
3. Application	6
4. Essais de type et autres essais	6
5. Préconditionnement	6
6. Température d'essais	6
7. Valeur médiane	6
8. Essai de résistance à l'ozone	8
8.1 Mode opératoire	8
8.2 Détermination de la concentration en ozone	10
9. Essai d'allongement à chaud	14
9.1 Echantillonnage — Préparation des éprouvettes et détermination de leur section	14
9.2 Appareillage d'essai	14
9.3 Mode opératoire	14
9.4 Evaluation des résultats	16
10. Essai de résistance à l'huile minérale pour les gaines	16
10.1 Echantillonnage et préparation des éprouvettes	16
10.2 Détermination de la section des éprouvettes	16
10.3 Huile à utiliser	16
10.4 Mode opératoire	16
10.5 Détermination des propriétés mécaniques	16
10.6 Expression des résultats	16
ANNEXE A — Correspondance entre les articles et paragraphes des Publications 538 et 540 de la CEI et de la Publication 811 de la CEI	18

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Test values	7
3. Applicability	7
4. Type tests and other tests	7
5. Pre-conditioning	7
6. Test temperature	7
7. Median value	7
8. Ozone resistance test	9
8.1 Test method	9
8.2 Determination of ozone concentration	11
9. Hot set test	15
9.1 Sampling and preparation of test pieces and determination of their cross-sectional area	15
9.2 Test apparatus	15
9.3 Procedure	15
9.4 Evaluation of results	17
10. Mineral oil immersion test for sheaths	17
10.1 Sampling and preparation of the test pieces	17
10.2 Determination of the cross-sectional area of the test piece	17
10.3 Oil to be used	17
10.4 Procedure	17
10.5 Determination of mechanical properties	17
10.6 Expression of results	17
APPENDIX A. — Corresponding clauses and sub-clauses in IEC Publications 538 and 540 and IEC Publication 811	19

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

Deuxième partie: Méthodes spécifiques pour les mélanges élastomères

Section un — Essai de résistance à l'ozone —

Essai d'allongement à chaud — Essai de résistance à l'huile

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 20 de la CEI: Câbles électriques.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
20(BC)157	20(BC)168

Pour de plus amples renseignements, consulter le rapport de vote mentionné dans le tableau ci-dessus.

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

- Publications n°s :
- 538 (1976): Câbles, fils et cordons électriques: Méthodes d'essai pour isolants et gaines en polyéthylène.
 - 538A (1980): Premier complément: Méthodes supplémentaires d'essai des polyéthylènes utilisés comme isolant et gaine de câbles électriques, fils et cordons utilisés dans l'équipement de télécommunication et dans les dispositifs employant des techniques similaires.
 - 540 (1982): Méthodes d'essais pour les enveloppes isolantes et les gaines des câbles électriques rigides et souples (mélanges élastomères et thermoplastiques).
 - 811: Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques.
 - 811-1-1 (1985): Première partie: Méthodes d'application générale. Section un — Mesure des épaisseurs et des dimensions extérieures — Détermination des propriétés mécaniques.
 - 811-1-2 (1985): Première partie: Méthodes d'application générale. Section deux — Méthodes de vieillissement thermique.

La norme complète doit finalement remplacer les Publications 538 et 540 de la CEI. Pour permettre aux utilisateurs une comparaison entre les articles et paragraphes correspondants dans les trois publications, un tableau de correspondance est donné dans l'annexe A.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**COMMON TEST METHODS FOR INSULATING AND SHEATHING
MATERIALS OF ELECTRIC CABLES****Part 2: Methods specific to elastomeric compounds****Section One — Ozone resistance test —
Hot set test — Mineral oil immersion test**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 20: Electric Cables.

The text of this standard is based on the following documents:

Six Months' Rule	Report on Voting
20(CO)157	20(CO)168

Further information can be found in the Report on Voting indicated in the table above.

The following IEC publications are quoted in this standard:

- Publications Nos. 538 (1976): Electric Cables, Wires and Cords: Methods of Test for Polyethylene Insulation and Sheath.
- 538A (1980): First Supplement: Additional Methods of Test for Polyethylene Insulation and Sheath of Electric Cables, Wires and Cords Used in Telecommunication Equipment and in Devices Employing Similar Techniques.
- 540 (1982): Test Methods for Insulations and Sheaths of Electric Cables and Cords (Elastomeric and Thermoplastic Compounds).
- 811: Common Test Methods for Insulating and Sheathing Materials of Electric Cables.
- 811-1-1 (1985): Part 1: Methods for General Application. Section One — Measurements of Thickness and Overall Dimensions — Tests for Determining the Mechanical Properties.
- 811-1-2 (1985): Part 1: Methods for General Application. Section Two — Thermal Ageing Methods.

The complete standard will eventually replace IEC Publications 538 and 540. To enable users to compare the relevant clauses in all three publications, a table of cross-references is given in Appendix A.

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

Deuxième partie: Méthodes spécifiques pour les mélanges élastomères

SECTION UN — ESSAI DE RÉSISTANCE À L'OZONE — ESSAI D'ALLONGEMENT À CHAUD — ESSAIS DE RÉSISTANCE À L'HUILE

1. Domaine d'application

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

Cette section un de la deuxième partie donne les méthodes pour l'essai de résistance à l'ozone, l'essai d'allongement à chaud et l'essai de résistance à l'huile, qui s'appliquent aux mélanges élastomères.

2. Valeurs prescrites pour les essais

Les prescriptions complètes des essais (conditions d'essais telles que températures, 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 les 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.

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 et de gainage.

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 de deux valeurs centrales dans la série si le nombre est pair.

COMMON TEST METHODS FOR INSULATING AND SHEATHING MATERIALS OF ELECTRIC CABLES

Part 2: Methods specific to elastomeric compounds

SECTION ONE — OZONE RESISTANCE TEST HOT SET TEST — MINERAL OIL IMMERSION TEST

1. Scope

This standard specifies the test methods to be used for testing polymeric insulating and sheathing material of electric cables for power distribution and telecommunications including cables used on ships.

This Section One of Part 2 gives the methods for the ozone resistance test, hot set test and mineral oil immersion test, which apply to elastomeric compounds.

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. 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.

6. Test temperature

Unless otherwise specified, tests shall be made 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. Essais de résistance à l'ozone

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) ni la valeur figurant dans la norme d'hygiène industrielle actuellement en vigueur, la plus petite de ces deux valeurs étant applicable.

8.1 Mode opératoire

8.1.1 Appareillage d'essais

- 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 température, à travers une chambre contenant les échantillons à essayer.
- Un dispositif de dosage de la concentration en ozone.

8.1.2 Echantillonnage

Que le câble soit monoconducteur ou non, un seul 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 extrudée externe. Dans ce cas, quatre éprouvettes sont prélevées.

8.1.3 Préparation des éprouvettes

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

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

Si le conducteur a une couche semi-conductrice externe extrudée, celle-ci est enlevée sur deux éprouvettes et conservée sur les deux autres.

8.1.4 Enroulement des éprouvettes

Si les conducteurs n'ont 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 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 sens.

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 extérieur du conducteur isolé)
$d \leq 12,5$	4
$12,5 < d \leq 20$	5
$20 < d \leq 30$	6
$30 < d \leq 45$	8
$45 < d$	10

8. Ozone resistance test

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), or the value in the current industrial hygienic standard, whichever is the lower.

8.1 Test method

8.1.1 Test apparatus

- 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.

8.1.2 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 semi-conductor layer on the outside, in which case sufficient for four test pieces shall be taken.

8.1.3 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 semi-conducting layer in the form of tape on the outside, this shall be removed.

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

8.1.4 Bending of test pieces

If the core does not have an extruded semi-conducting 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 core screen, two test pieces, one with the semi-conducting layer removed and one with the semi-conducting layer 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 insulated core d (mm)	Mandrel diameter (as a multiple of the outside diameter of insulated core)
$d \leq 12.5$	4
$12.5 < d \leq 20$	5
$20 < d \leq 30$	6
$30 < d \leq 45$	8
$45 < d$	10

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

8.1.5 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 à l'essai.

8.1.6 Exposition à l'ozone

Les éprouvettes préparées sont exposées dans une chambre munie d'un robinet et maintenue à $25 \pm 2^\circ\text{C}$. On fait circuler de l'air sec ayant la concentration en ozone spécifiée, pour le mélange isolant, dans la norme du type de câble considéré pendant la durée prescrite. Le débit de l'air doit être compris entre 280 litres/h et 560 litres/h et une pression légèrement supérieure à la pression atmosphérique doit être maintenue.

8.1.7 Evaluation des résultats

Après la durée d'essai spécifiée, on retire les échantillons 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 la partie courbée du secteur à 180°, la plus éloignée de l'attache.

Note. — Il convient que la production d'ozone soit arrêtée et que la chambre d'essai soit ventilée avec soin avec de l'air normal avant d'être ouverte pour enlever les éprouvettes.

8.2 Détermination de la concentration en ozone

8.2.1 Analyse chimique

8.2.1.1 Réactifs

Les réactifs doivent être d'une qualité dite «pour analyse».

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 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 flacon taré et peser le flacon et la solution. Ajouter de l'iode directement à la solution, dans le flacon 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 et déterminer la quantité d'iode ajoutée à la solution. Retirer le flacon et verser la solution dans un bécher. Laver le flacon 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 round a mandrel of the specified diameter is obtained.

8.1.5 *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.

8.1.6 *Exposure to ozone*

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

8.1.7 *Evaluation of results*

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.

8.2 *Determination of ozone concentration*

8.2.1 *Chemical analysis*

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

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

où:

F est le volume de la solution d'iode en millilitres

C est la concentration d'iode en milligrammes par millilitre

S est le 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.

8.2.1.2 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 relie 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 reliée au bas de la burette. Le robinet de la burette est alors fermé sur 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 cela sera fait, 500 ml de gaz de la chambre d'essai auront 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 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 indicative 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 au $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 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 E 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 is the volume of the iodine solution in millilitres

C is the concentration of iodine in milligrams per millilitre

S is the volume of the $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ solution used to titrate the solution

- 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.

8.2.1.2 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 test cock of the test chamber. The test 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 test 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.

8.2.1.3 *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 précision 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 est le volume de la solution de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ utilisé pour titrer la solution en millilitres
E est l'équivalent en iode de la solution de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ en milligrammes d'iode par millilitres
V est le volume de l'échantillon de gaz prélevé en millilitres

8.2.2 *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.

9. Essai d'allongement à chaud

9.1 *Echantillonnage — Préparation des éprouvettes et détermination de leur section*

Deux éprouvettes de gaine et d'enveloppe isolante de chaque conducteur sont utilisées après avoir été préparées et après que leurs sections ont été déterminées comme il est prescrit dans l'article 9 de la Publication 811-1-1 de la CEI: Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques, Première partie: Méthodes d'application générale. Section un — Mesure des épaisseurs et des dimensions extérieures — Détermination des propriétés mécaniques. Lorsque les éprouvettes sont des éprouvettes haltères d'épaisseur comprise entre 0,8 mm et 2,0 mm, elles doivent être prises dans la partie interne de la gaine et de la paroi isolante, près du conducteur. Les empreintes et la couche semi-conductrice, s'il y en a, sont enlevées.

9.2 *Appareillage d'essai*

- L'essai doit se faire dans une étuve comme indiqué au paragraphe 8.1 de la Publication 811-1-2 de la CEI: Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques, Première partie: Méthodes d'application générale. Section deux: Méthodes de vieillissement thermique, et maintenue à la température spécifiée, pour le matériau, dans la norme du type de câble considéré.
- 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 de l'éprouvette.

Note. — La fixation des mâchoires ne devra pas causer une obturation étanche à l'air des deux extrémités de l'éprouvette tubulaire lors de l'essai. A cette fin, tous les moyens appropriés peuvent être employés, par exemple en insérant, au moins à une extrémité, un court segment de broche métallique de dimensions légèrement inférieures à celles de la face interne de l'éprouvette.

9.3 *Mode opératoire*

- Les éprouvettes sont suspendues dans l'étuve et les masses sont attachées sous les mâchoires pour appliquer la contrainte de traction spécifiée, pour le matériau, dans la norme du type de câble considéré.
- Après 15 min dans l'étuve à la température spécifiée pour le matériau dans la norme du 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.

8.2.1.3 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:

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

where:

S is the volume of the Na₂S₂O₃ solution used to titrate the solution in millilitres

E is the iodine equivalent of the Na₂S₂O₃ solution in milligrams of iodine per millilitres of Na₂S₂O₃

V is the volume of the gas sample collected in millilitres

8.2.2 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.

9. Hot set test

9.1 Sampling and preparation of test pieces and determination of their cross-sectional area

Two test pieces of sheath and of insulation from each core, after they have been prepared and their cross-sectional areas measured, as specified in the test method in Clause 3 of IEC Publication 811-1-1: Common Test Methods for Insulating and Sheathing Materials of Electric Cables, Part 1: Methods for General Application. Section One — Measurement of Thickness and Overall Dimensions — Tests for Determining the Mechanical Properties, 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 sheathing and of the insulating wall after any ridges and/or semi-conducting layers have been removed.

9.2 Test apparatus

- a) The test shall be carried out in an oven, as specified in Sub-clause 8.1 of IEC Publication 811-1-2: Common Test Methods for Insulation and Sheathing Materials of Electric Cables. Part 1: Methods for General Application. Section Two — Thermal Ageing Methods, maintained at the temperature specified for the material in the 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.

Note. — Testing tubular test pieces, fixing of the grips should not cause an air-tight sealing of both ends. This can be achieved by any appropriate means, for instance by inserting at least on one end a short piece of metal pin, having slightly smaller dimensions than those of the innerside of the test piece.

9.3 Procedure

- a) The test piece 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 standard for the type of cable.
- b) After 15 min in the oven at the temperature specified for the material in the 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 has to be opened to make the measurement, the measurement shall be made not more than 30 s after opening the door.

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

- 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 ou on les laisse refroidir lentement jusqu'à la température ambiante, après quoi on mesure de nouveau la distance entre les traits de repère.

9.4 *Evaluation des résultats*

- 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 relative 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 du type de câble considéré, par rapport à la valeur obtenue avant la mise de l'éprouvette dans l'étuve.

10. **Essai de résistance à l'huile minérale pour les gaines**

10.1 *Echantillonnage et préparation des éprouvettes*

Cinq éprouvettes sont prélevées conformément au mode opératoire décrit aux paragraphes 9.2.2 et 9.2.3 de la Publication 811-1-1 de la CEI.

10.2 *Détermination de la section des éprouvettes*

Voir la méthode d'essai au paragraphe 9.2.4 de la Publication 811-1-1 de la CEI.

10.3 *Huile à utiliser*

Sauf accord différent, on doit utiliser l'huile minérale ASTM N° 2 ayant les caractéristiques suivantes:

- point d'aniline $93 \pm 3^\circ\text{C}$
- viscosité cinématique à 100°C 20 ± 1 centistokes*
- point d'éclair $245 \pm 6^\circ\text{C}$

10.4 *Mode opératoire*

On immerge les éprouvettes dans le bain d'huile, chauffé au préalable à la température d'essai spécifiée et on les maintient 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.

10.5 *Détermination des propriétés mécaniques*

Voir la méthode d'essai aux paragraphes 9.1.6 et 9.1.7 de la Publication 811-1-1 de la CEI.

10.6 *Expression des résultats*

Le calcul de la charge de rupture à la traction doit être basé sur la section de l'éprouvette mesurée avant immersion (voir paragraphe 10.2).

La différence entre la valeur médiane obtenue sur les cinq éprouvettes immergées dans l'huile et la valeur médiane des résultats sur les éprouvettes non traitées (voir Publication 811-1-1 de la CEI, paragraphe 9.1.2) est exprimée en pourcentage de cette dernière. Ce pourcentage ne doit pas dépasser la valeur maximale prescrite dans la norme particulière au type de câble considéré.

* Ou 100 ± 5 s (Saybold Universel).

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

- 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.

9.4 Evaluation of results

- a) The median value of the elongation, after 15 min at the specified temperature, with the weight attached, shall not exceed the value specified in the standard for the type of cable.
- 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 standard for the type of cable.

10. Mineral oil immersion test for sheaths

10.1 Sampling and preparation of the test pieces

Five test pieces shall be prepared in accordance with the procedures described in Sub-clauses 9.2.2 and 9.2.3 of IEC Publication 811-1-1.

10.2 Determination of the cross-sectional area of the test piece

See test method in Sub-clause 9.2.4 of IEC Publication 811-1-1.

10.3 Oil to be used

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

- aniline point $93 \pm 3^\circ\text{C}$
- kinematic viscosity at 100°C 20 ± 1 centistokes*
- flash-point $245 \pm 6^\circ\text{C}$

10.4 Procedure

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

At the end of the specific 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.

10.5 Determination of mechanical properties

See test method in Sub-clauses 9.1.6 and 9.1.7 of IEC Publication 811-1-1.

10.6 Expression of results

The calculation of tensile strength shall be based on the area of the test piece measured before immersion (see Sub-clause 10.2).

The difference between the median value obtained of the five test pieces immersed in oil and the median value of the values obtained for the untreated test pieces (see IEC Publication 811-1-1, Sub-clause 9.1.2), expressed as a percentage of the latter, shall not exceed the percentage specified in the standard for the type of cable.

* Or 100 ± 5 s (Saybold Universal).