

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials –
Part 511: Mechanical tests – Measurement of the melt flow index of polyethylene
compounds**

**Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux
non-métalliques –
Partie 511: Essais mécaniques – Mesure de l'indice de fluidité à chaud des
mélanges polyéthylène**





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2012 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available on-line and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Liens utiles:

Recherche de publications CEI - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...).

Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials –
Part 511: Mechanical tests – Measurement of the melt flow index of polyethylene
compounds**

**Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux
non-métalliques –
Partie 511: Essais mécaniques – Mesure de l'indice de fluidité à chaud des
mélanges polyéthylène**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

M

ICS 29.035.01; 29.060.20

ISBN 978-2-88912-988-1

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Test method	6
4.1 General.....	6
4.2 Apparatus.....	7
4.3 Test samples	9
4.4 Cleaning and maintenance of the apparatus	9
4.5 Method A.....	10
4.5.1 General	10
4.5.2 Test procedure	10
4.5.3 Expression of results	10
4.6 Method B.....	11
4.7 Method C	11
4.7.1 General	11
4.7.2 Test procedure	11
4.7.3 Expression of results	11
5 Test report.....	11
Bibliography.....	12
Figure 1 – Apparatus for determining melt flow index	8
Figure 2 – Die	9
Table 1 – Definition of types of polyethylene	6
Table 2 – Time intervals (as a function of melt flow index) used in obtaining cut-offs and mass of the charge put into the cylinder for methods A and C	11

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRIC AND OPTICAL FIBRE CABLES –
TEST METHODS FOR NON-METALLIC MATERIALS –****Part 511: Mechanical tests –
Measurement of the melt flow index of polyethylene compounds**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). 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. 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 IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60811-511 has been prepared by IEC technical committee 20: Electric cables.

This Part 511 of IEC 60811 cancels and replaces Clause 10 of IEC 60811-4-1:2004, which is withdrawn. Full details of the replacements are shown in Annex A of IEC 60811-100:2012.

There are no specific technical changes with respect to the previous edition, but see the Foreword to IEC 60811-100:2012.

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

FDIS	Report on voting
20/1307/FDIS	20/1356/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

This part of IEC 60811 shall be used in conjunction with IEC 60811-100.

A list of all the parts in the IEC 60811 series, published under the general title *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

INTRODUCTION

The IEC 60811 series specifies the test methods to be used for testing non-metallic materials of all types of cables. These test methods are intended to be referenced in standards for cable construction and for cable materials.

NOTE 1 Non-metallic materials are typically used for insulating, sheathing, bedding, filling or taping within cables.

NOTE 2 These test methods are accepted as basic and fundamental and have been developed and used over many years principally for the materials in all energy cables. They have also been widely accepted and used for other cables, in particular optical fibre cables, communication and control cables and cables for ships and offshore applications.

ELECTRIC AND OPTICAL FIBRE CABLES – TEST METHODS FOR NON-METALLIC MATERIALS –

Part 511: Mechanical tests – Measurement of the melt flow index of polyethylene compounds

1 Scope

This Part 511 of IEC 60811 describes the procedure for the measurement of the melt flow index for polyethylene compounds.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60811-100:2012, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 100: General*

IEC 60811-606, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials- Part 606: Physical tests – Methods for determining the density*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60811-100 apply.

Additionally, for the purposes of this standard, a distinction is made between low-density, medium-density and high-density PE as shown in Table 1.

Table 1 – Definition of types of polyethylene

Type of polyethylene	Density at 23 °C ^a g/cm ³
Low-density polyethylene	≤ 0,925
Medium-density polyethylene	> 0,925 ≤ 0,940
High-density polyethylene	> 0,940

^a These densities refer to unfilled resins as determined by the method specified in IEC 60811-606.

4 Test method

4.1 General

This part of IEC 60811 shall be used in conjunction with Part 100: General

All the tests shall be carried out not less than 16 h after the extrusion of the insulating or sheathing compounds.

The melt flow index (MFI) of polyethylene and polyethylene compounds is the quantity of material extruded in 1,5 min or 10 min at 190 °C through a specified die under the action of a load determined by the method used.

NOTE 1 The same method is also specified in ISO 1133.

NOTE 2 The melt flow index is not applicable to flame retarding polyethylene. Flame retardant PE is defined as PE containing additives intended to reduce flame propagation.

4.2 Apparatus

The apparatus consists basically of an extrusion plastometer, the general design being as shown in Figure 1. The compound, which is contained in a vertical cylinder, is extruded through a die by a loaded piston under controlled temperature conditions. All surfaces of the apparatus in contact with the material under test shall have a high polish.

The apparatus consists of the following parts:

a) Steel cylinder

A steel cylinder fixed in a vertical position and thermally insulated for operation at 190 °C. The cylinder shall be at least 115 mm long with an internal diameter of between 9,5 mm and 10 mm and complying with the requirements in item b) below. The base of the cylinder shall be thermally insulated if the area of the exposed metal exceeds 4 cm² and it is recommended that the insulating material used be polytetrafluoroethylene (thickness about 3 mm) in order to avoid the extruded material from sticking.

b) Steel hollow piston

A steel hollow piston with a length at least the same as that of the cylinder. The axes of the cylinder and of the piston shall coincide and the effective length of the piston shall be a maximum of 135 mm. There is a head of length $(6,35 \pm 0,10)$ mm. The diameter of the head shall be less than the internal diameter of the cylinder at all points along the working length of the cylinder by $(0,075 \pm 0,015)$ mm. In addition, for calculating the load (see item c) this diameter should be known within $\pm 0,025$ mm. The lower edge of the head shall have a radius of 0,4 mm and the upper edge has its sharp edge removed. Above the head, the piston has a diameter of about 9 mm. A stud may be added at the top of the piston to support the removable load, but the piston is thermally insulated from this load.

c) Removable load on top of the piston

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

- $P = 21,2$ N in the case of method A (see 4.5);
- $P = 49,1$ N in the case of method C (see 4.7);

d) Heater

A heater to maintain the polyethylene in the cylinder at a temperature of $(190 \pm 0,5)$ °C. An automatic temperature control is strongly recommended.

e) Temperature measuring device

A temperature measuring device located as closely as possible to the die, but situated within the body of the cylinder. The measuring device shall be calibrated to permit temperature measurement to an accuracy of $\pm 0,1$ °C.

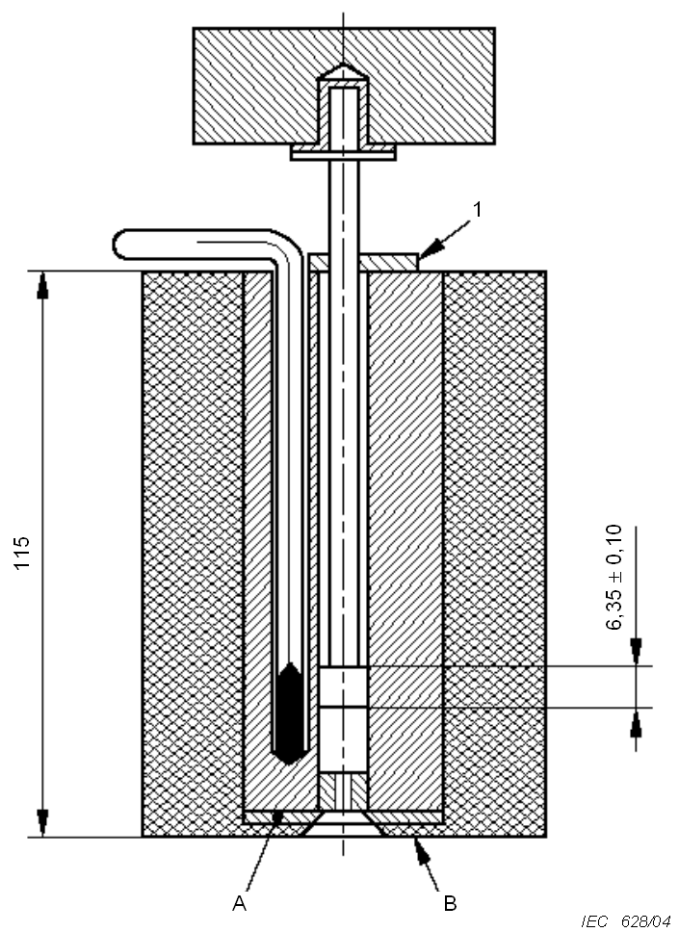
f) Die

A die of length $(8,000 \pm 0,025)$ mm made of hardened steel, the mean internal diameter being between 2,090 mm and 2,100 mm and uniform along its length to within $\pm 0,005$ mm (see Figure 2). The die shall not project beyond the base of the cylinder.

g) Balance

A balance accurate to $\pm 0,0005$ g.

Dimensions in millimeters



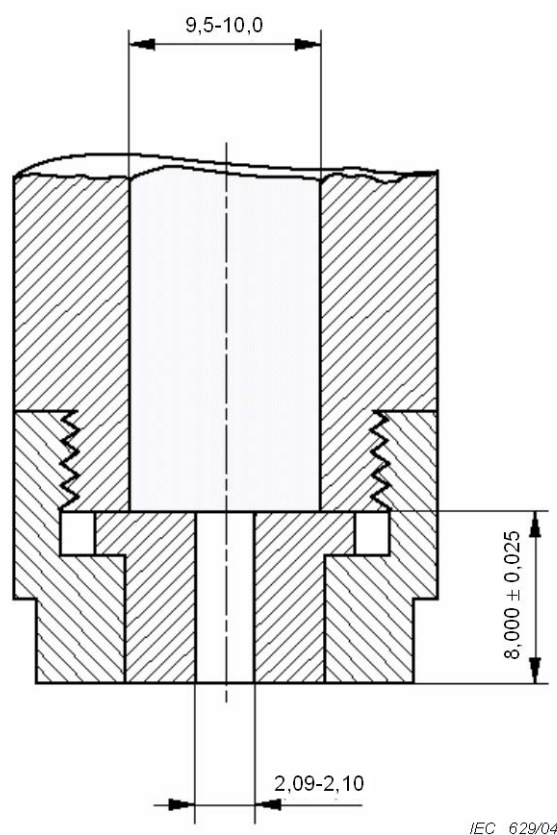
NOTE The figure shows the large external diameter cylinder, die-retaining plate A and insulating plate B.

Key

1 guide collar

Figure 1 – Apparatus for determining melt flow index

Dimensions in millimetres



NOTE The figure shows the small external diameter cylinder with an example method of retaining the die.

Figure 2 – Die

4.3 Test samples

A sample of insulation or sheath of sufficient mass shall be taken from one end of the cable or wire. The sample shall be cut in pieces, the dimension of which shall not exceed 3 mm in any direction.

It is permitted to take material from different cores of the same cable.

4.4 Cleaning and maintenance of the apparatus

The apparatus shall be cleaned after each test.

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

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

It is recommended that, at fairly frequent intervals, for example once a week for apparatus in constant use, the insulating plate and the die-retaining plate, if fitted (see Figure 1), be removed and the cylinder cleaned thoroughly.

4.5 Method A

4.5.1 General

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

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

4.5.2 Test procedure

The apparatus shall be cleaned (see 4.4). Before beginning a series of tests, the temperature of the cylinder and piston shall be at $(190 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$ for 15 min and this temperature maintained during the extrusion of the polyethylene.

It is recommended that the temperature measuring device (see item e) of 4.2 be a mercury-in-glass thermometer located permanently within the mass of the cylinder (see note below). A low melting-point alloy, such as Wood's metal, improves the thermal contact and its use is recommended.

NOTE If any other temperature measuring device is used, it should be calibrated at $(190 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$ before the beginning of each series of tests in comparison with a mercury-in-glass thermometer, conforming to item e) of 4.2), placed within the cylinder and immersed in polyethylene to its appropriate depth of immersion.

The cylinder shall then be charged with a portion of the sample (see Table 2) and the unloaded piston reinserted into the top of the cylinder.

Four minutes after introducing the sample, during which time the temperature of the cylinder shall have returned to $(190 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$, the load is placed on the piston to extrude the polyethylene through the die. The rate of extrusion shall be measured by cutting the extruded material at regular intervals of time at the die with a suitable sharp-edged instrument to give short lengths of extruded material referred to as "cut-offs". The time intervals at which each cut-off is taken are given in Table 2.

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

4.5.3 Expression of results

The melt flow index (MFI) shall be reported to two significant figures and expressed in g/600 s as MFI.190.20.A (see NOTE):

$$\text{MFI.190.20.A} = \frac{600 \times m}{t}$$

where

MFI is expressed in grams per 10 min;

m is the average mass of cut-offs, expressed in grams;

t is the time interval of cut-offs, expressed in seconds.

NOTE 190 = temperature of tests, expressed in degrees Celsius; 20 (or 50 for method C) = approximate load, expressed in Newtons applied to the melt.

4.6 Method B

Not used.

NOTE This heading is included only for clarity, as it appears in ISO 1133.

4.7 Method C

4.7.1 General

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

4.7.2 Test procedure

The test procedure is the same as for method A.

The time intervals used in obtaining the cut-offs and the mass of the charge put into the cylinder are given in Table 2.

Table 2 – Time intervals (as a function of melt flow index) used in obtaining cut-offs and mass of the charge put into the cylinder for methods A and C

Melt flow index MFI	Mass of the charge put into the cylinder g	Time intervals s
0,1 to 0,5	4 to 5	240
0,5 to 1	4 to 5	120
1 to 3,5	4 to 5	60

4.7.3 Expression of results

The MFI shall be reported to two significant figures (see NOTE of 4.5.3) and expressed in g/150 s as MFI.190.50.C):

$$\text{MFI.190.50.C} = \frac{150 \times m}{t}$$

NOTE The use of a shorter reference time (150 s) with a heavier load (50 N) gives results quoted on scale C which agree approximately with results that would have been obtained had method A and scale A been used. There is, however, no direct correlation between scales A and C.

5 Test report

The test report shall be in accordance with that given in IEC 60811-100.

Bibliography

IEC 60811-4-1:2004, *Insulating and sheathing materials of electric and optical cables – Common test methods – Part 4-1: Methods specific to polyethylene and polypropylene compounds – Resistance to environmental stress cracking – Measurement of the melt flow index – Carbon black and/or mineral filler content measurement in polyethylene by direct combustion – Measurement of carbon black content by thermogravimetric analysis (TGA) – Assessment of carbon black dispersion in polyethylene using a microscope* (withdrawn)

ISO 1133, *Plastics – Determination of the melt mass-flow rate (MFR) and the melt volume-flow rate (MVR) of thermoplastics*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	15
INTRODUCTION.....	17
1 Domaine d'application	18
2 Références normatives.....	18
3 Termes et définitions	18
4 Méthode d'essai	18
4.1 Généralités.....	18
4.2 Appareillage	19
4.3 Echantillons d'essai.....	21
4.4 Nettoyage et entretien de l'appareil	21
4.5 Méthode A.....	22
4.5.1 Généralités.....	22
4.5.2 Méthode d'essai	22
4.5.3 Expression des résultats.....	22
4.6 Méthode B.....	23
4.7 Méthode C	23
4.7.1 Généralités.....	23
4.7.2 Mode opératoire	23
4.7.3 Expression des résultats.....	23
5 Rapport d'essai	23
Bibliographie.....	24
Figure 1 – Appareil pour la détermination de l'indice de fluidité à chaud	20
Figure 2 – Filière	21
Tableau 1 – Distinction entre les différents niveaux de polyéthylène	18
Tableau 2 – Intervalles de temps (en fonction de l'indice de fluidité) utilisés pour obtenir les extrudats et masse d'échantillon à introduire dans le cylindre, pour les méthodes A et C	23

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CÂBLES ÉLECTRIQUES ET À FIBRES OPTIQUES –
MÉTHODES D'ESSAI POUR LES MATÉRIAUX NON-MÉTALLIQUES –****Partie 511: Essais mécaniques –
Mesure de l'indice de fluidité à chaud des mélanges polyéthylène**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60811-511 a été établie par le comité d'études 20 de la CEI: Câbles électriques.

La présente Partie 511 de la CEI 60811 annule et remplace l'Article 10 de la CEI 60811-4-1:2004, qui est supprimée. L'ensemble des informations relatives aux remplacements figure dans l'Annexe A de la CEI 60811-100:2012.

Aucune modification technique n'a été effectuée par rapport à l'édition précédente; voir cependant l'avant-propos de la CEI 60811-100:2012.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
20/1307/FDIS	20/1356/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La présente partie de la CEI 60811 doit être utilisée conjointement avec la CEI 60811-100.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60811, publiées sous le titre général *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

INTRODUCTION

La série CEI 60811 précise les méthodes à employer pour les essais des matériaux non-métalliques sur tous les types de câbles. Ces méthodes d'essai seront citées en référence dans les normes relatives à la construction des câbles et aux matériaux des câbles.

NOTE 1 Les matériaux non-métalliques sont généralement utilisés pour l'isolation, le gainage, le matelassage, le remplissage ou le rubanage des câbles.

NOTE 2 Ces méthodes d'essai sont reconnues comme fondamentales; elles ont été développées et utilisées durant de nombreuses années, principalement pour les matériaux dans tous les câbles de distribution d'énergie. Elles ont aussi été largement reconnues et utilisées pour d'autres types de câbles, en particulier les câbles à fibres optiques, les câbles de communication et de commande, ainsi que les câbles utilisés à bord des navires et dans les applications offshore.

CÂBLES ÉLECTRIQUES ET À FIBRES OPTIQUES – MÉTHODES D'ESSAI POUR LES MATÉRIAUX NON-MÉTALLIQUES –

Partie 511: Essais mécaniques – Mesure de l'indice de fluidité à chaud des mélanges polyéthylène

1 Domaine d'application

La présente Partie 511 de la CEI 60811 décrit la méthode de calcul de l'indice de fluidité à chaud pour les mélanges polyéthylène.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60811-100:2012, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 100: Généralités*

CEI 60811-606, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 606: Essais physiques – Méthodes de détermination de la masse volumique*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 60811-100 s'appliquent.

De plus, pour les besoins de la présente norme, la distinction entre le polyéthylène basse densité, moyenne densité et haute densité est faite selon les explications présentées au Tableau 1.

Tableau 1 – Distinction entre les différents niveaux de polyéthylène

Type de polyéthylène	Densité à 23 °C ^a g/cm ³
Polyéthylène basse densité	≤ 0,925
Polyéthylène moyenne densité	> 0,925 ≤ 0,940
Polyéthylène haute densité	> 0,940
^a Les densités se rapportent aux résines non chargées et sont déterminées au moyen de la méthode spécifiée dans la CEI 60811-606.	

4 Méthode d'essai

4.1 Généralités

La présente partie de la CEI 60811 doit être utilisée conjointement avec la CEI 60811-100.

Tous les essais doivent être réalisés au moins 16 h après l'extrusion ou la réticulation, s'il y a lieu, des mélanges d'isolation et de gainage.

L'indice de fluidité à chaud (IFC) du polyéthylène et des mélanges à base de polyéthylène correspond à la masse de matériau extrudé en 1,5 min ou 10 min à 190 °C à travers une filière déterminée, sous l'action d'une charge spécifiée par la méthode utilisée.

NOTE 1 La même méthode est spécifiée également dans l'ISO 1133.

NOTE 2 L'indice de fluidité à chaud n'est pas appliqué au polyéthylène retardateur de flamme. Le PE retardateur de flamme est défini comme un PE contenant des additifs destinés à limiter la propagation des flammes.

4.2 Appareillage

L'appareillage est basé sur une extrusion plastomère, le schéma étant présenté à la Figure 1. Le mélange contenu dans le cylindre vertical est extrudé à travers une filière sous la poussée de la charge d'un piston dans les conditions de température contrôlées. Toutes les surfaces de l'appareillage en contact avec le matériau en essai doivent être bien polies.

L'appareillage comporte les parties suivantes:

a) Un cylindre en acier

Un cylindre en acier fixé verticalement et isolé thermiquement afin de pouvoir opérer à 190 °C. Le cylindre doit avoir au moins 115 mm de longueur, avec un diamètre intérieur compris entre 9,5 mm et 10 mm et doit satisfaire aux exigences du point b) ci-dessous. La base du cylindre doit être isolée thermiquement si la surface du métal à nu est supérieure à 4 cm² et il est recommandé d'utiliser comme produit isolant le polytétrafluoroéthylène (épaisseur d'environ 3 mm) pour éviter le collage du produit extrudé.

b) Un piston évidé en acier

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

c) Une charge amovible sur le piston

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

- $P = 21,2$ N dans le cas de la méthode A (voir 4.5);
- $P = 49,1$ N dans le cas de la méthode C (voir 4.7);

d) Un système de chauffage

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

e) Un dispositif de mesure de la température

Un dispositif de mesure de la température situé aussi près que possible de la filière, mais contenu dans la masse même du cylindre. Ce dispositif de mesure doit être étalonné pour mesurer la température avec une précision de $\pm 0,1$ °C.

f) Une filière

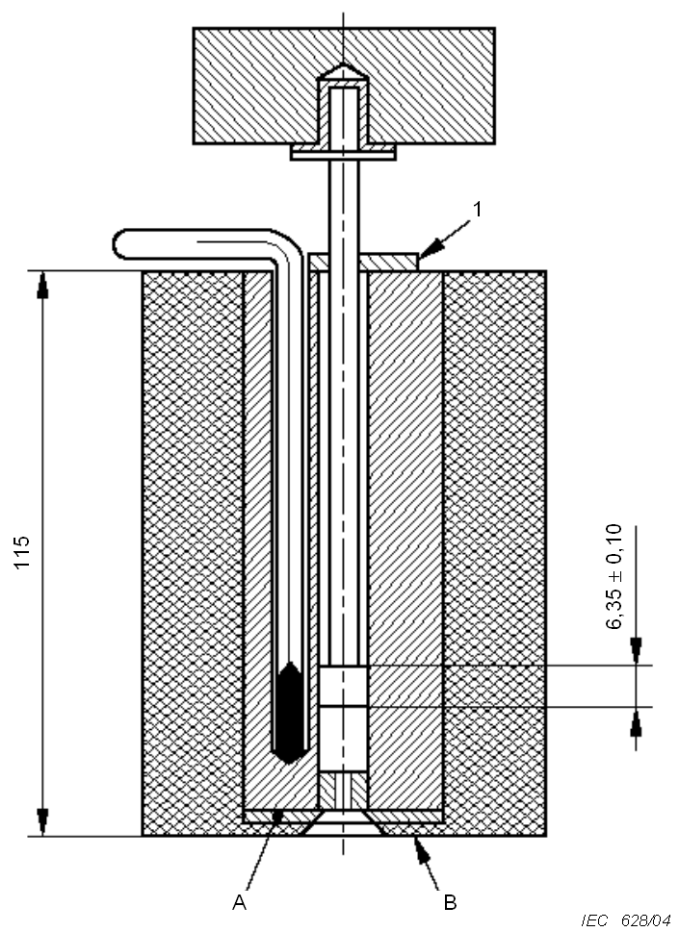
Une filière de $(8,000 \pm 0,025)$ mm de longueur réalisée en acier trempé; son diamètre intérieur moyen doit être compris entre 2,090 mm et 2,100 mm; il doit être uniforme sur toute

la longueur à $\pm 0,005$ mm près (voir Figure 2). La filière ne doit pas faire de saillie à la base du cylindre.

g) Une balance

Une balance analytique précise à $\pm 0,000\ 5$ g.

Dimensions en millimètres



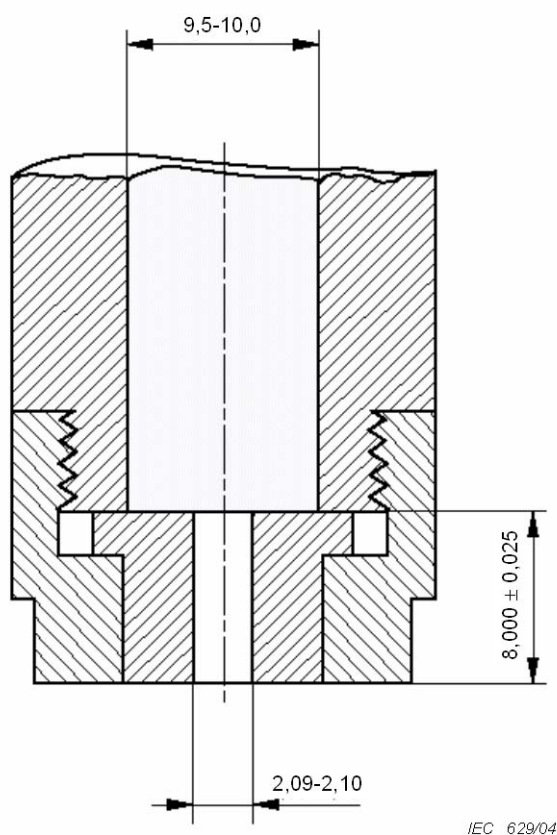
NOTE La figure montre le cylindre extérieur à grand diamètre, la plaque de fixation A de la filière et la plaque isolante B.

Légende

1 bague de guidage

Figure 1 – Appareil pour la détermination de l'indice de fluidité à chaud

Dimensions en millimètres



NOTE La figure montre le cylindre extérieur de petit diamètre avec un exemple de maintien de la filière.

Figure 2 – Filière

4.3 Echantillons d'essai

Un échantillon d'enveloppe isolante ou de gaine d'une masse suffisante doit être prélevé à une extrémité du câble ou du fil. L'échantillon doit être coupé en morceaux dont les dimensions ne doivent pas dépasser 3 mm dans toutes les directions.

Il est permis de prélever le matériau sur des conducteurs différents du même câble.

4.4 Nettoyage et entretien de l'appareil

L'appareil doit être nettoyé après chaque essai.

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

Le xylène, le tétrahydronaphtalène ou le kérosène sans odeur sont des solvants qui conviennent pour ce nettoyage. Le piston doit être nettoyé lorsqu'il est encore chaud avec un chiffon trempé dans le solvant; de même, le cylindre doit être nettoyé lorsqu'il est encore chaud, avec un écouvillon trempé dans le solvant. La filière doit être nettoyée au moyen d'une tige en laiton ou d'une cheville de bois, ajustée au diamètre de la filière, puis elle doit être immergée dans le solvant porté à ébullition.

Il est recommandé d'enlever à intervalles réguliers, par exemple une fois par semaine pour les appareils en utilisation constante, la plaque isolante et la plaque de fixation de la filière, s'il y en a une, afin de nettoyer complètement le cylindre (voir Figure 1).

4.5 Méthode A

4.5.1 Généralités

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

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

4.5.2 Méthode d'essai

L'appareil doit être nettoyé (voir 4.4). Avant de commencer une série d'essais, la température du cylindre et du piston doivent être à $(190 \pm 0,5)$ °C pendant 15 min et cette température doit ensuite être maintenue pendant l'extrusion du polyéthylène.

Il est recommandé que le dispositif de mesure de la température (voir point e) du 4.2) soit constitué par un thermomètre en verre à mercure fixé à demeure dans la masse du cylindre (voir note ci-dessous). Pour obtenir un meilleur contact thermique, il est recommandé d'utiliser un alliage à point de fusion peu élevé, par exemple le métal de Wood.

NOTE Si un autre système de mesure de la température est employé, il convient de l'étalonner à $(190 \pm 0,5)$ °C avant le commencement de chaque série d'essais par comparaison avec un thermomètre à mercure en verre, lui-même conforme au point e) de 4.2, logé dans le cylindre et immergé dans le polyéthylène à la profondeur convenable.

Le cylindre doit ensuite être rempli avec une fraction de l'échantillon (voir Tableau 2) et le piston non encore muni de son poids doit être mis en place au sommet du cylindre.

Quatre minutes après l'introduction de l'échantillon, temps au bout duquel la température du cylindre doit être revenue à $(190 \pm 0,5)$ °C, le poids est placé sur le piston pour provoquer l'extrusion du polyéthylène à travers la filière. La vitesse d'extrusion doit être mesurée par découpe de la matière extrudée à des intervalles de temps réguliers à la sortie de la filière avec un instrument tranchant adapté afin d'obtenir des petites longueurs de produit extrudé appelés par la suite «extrudats». Les intervalles de temps à respecter pour obtenir ces extrudats sont donnés dans le Tableau 2.

Plusieurs extrudats doivent être prélevés pendant les premières 20 min qui suivent l'introduction de l'échantillon dans le cylindre. Le premier extrudat ainsi que tous ceux contenant des bulles d'air doivent être rejetés. Les extrudats successifs restants, qui doivent être au nombre de trois minimum, doivent être pesés individuellement, au milligramme près, et la masse moyenne doit être calculée. Si la différence entre les valeurs maximale et minimale des pesées individuelles est supérieure à 10 % de la valeur moyenne, les résultats d'essai doivent être annulés et l'essai doit être répété avec une fraction de l'échantillon non encore utilisée.

4.5.3 Expression des résultats

L'indice de fluidité à chaud (IFC) doit être exprimé avec deux chiffres significatifs et exprimé en g/600 s suivant l'expression IFC.190.20.A (voir NOTE):

$$\text{IFC.190.20.A} = \frac{600 \times m}{t}$$

où

IFC est exprimé en grammes par 10 min;

m est la masse moyenne des extrudats, exprimée en grammes;

t est la durée d'extrusion des extrudats, exprimée en secondes.

NOTE 190 = température d'essai, exprimée en degrés Celsius; 20 (ou 50 pour la méthode C) = charge approximative, exprimée en newtons, utilisée pour la détermination.

4.6 Méthode B

Non utilisée.

NOTE Ce titre est inclus uniquement à des fins de clarté, car il apparaît dans l'ISO 1133.

4.7 Méthode C

4.7.1 Généralités

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

4.7.2 Mode opératoire

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

Les intervalles de temps pour obtenir les extrudats et la masse d'échantillon à introduire dans le cylindre sont donnés dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Intervalles de temps (en fonction de l'indice de fluidité) utilisés pour obtenir les extrudats et masse d'échantillon à introduire dans le cylindre, pour les méthodes A et C

Indice de fluidité à chaud IFC	Masse d'échantillon à introduire dans le cylindre g	Intervalles de temps s
0,1 à 0,5	4 à 5	240
0,5 à 1	4 à 5	120
1 à 3,5	4 à 5	60

4.7.3 Expression des résultats

L'indice de fluidité à chaud (IFC) doit être exprimé avec deux chiffres significatifs (voir NOTE de 4.5.3) et exprimé en g/150 s suivant l'expression IFC.190.50.C):

$$\text{MFI.190.50.C} = \frac{150 \times m}{t}$$

NOTE L'application d'un intervalle de temps plus court (150 s) avec une charge plus importante (50 N) fournit des résultats donnés dans l'échelle C, qui coïncident à peu près avec les résultats qu'on aurait pu obtenir si la méthode A et l'échelle A avaient été utilisées. Pourtant, aucune corrélation directe n'existe entre les échelles A et C.

5 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit être conforme aux spécifications de la CEI 60811-100.

Bibliographie

CEI 60811-4-1:2004, *Matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques et optiques – Méthodes d'essais communes – Partie 4-1: Méthodes spécifiques pour les mélanges polyéthylène et polypropylène – Résistance aux craquelures sous contraintes dues à l'environnement – Mesure de l'indice de fluidité à chaud – Mesure dans le polyéthylène du taux de noir de carbone et/ou des charges minérales par méthode de combustion directe – Mesure du taux de noir de carbone par analyse thermogravimétrique – Evaluation de la dispersion du noir de carbone dans le polyéthylène au moyen d'un microscope* (retirée)

ISO 1133, *Plastiques – Détermination de l'indice de fluidité à chaud des thermoplastiques, en masse (MFR) et en volume (MVR)*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch