

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60544-4

Deuxième édition
Second edition
2003-07

**Matériaux isolants électriques –
Détermination des effets des rayonnements
ionisants –**

**Partie 4:
Système de classification pour l'utilisation
dans un environnement sous rayonnement**

**Electrical insulating materials –
Determination of the effects of ionizing
radiation –**

**Part 4:
Classification system for service
in radiation environments**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60544-4:2003

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60544-4

Deuxième édition
Second edition
2003-07

**Matériaux isolants électriques –
Détermination des effets des rayonnements
ionisants –**

**Partie 4:
Système de classification pour l'utilisation
dans un environnement sous rayonnement**

**Electrical insulating materials –
Determination of the effects of ionizing
radiation –**

**Part 4:
Classification system for service
in radiation environments**

© IEC 2003 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.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



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

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
1 Domaine d'application et objet	10
2 Références normatives	10
3 Système de classification.....	12
3.1 Définition de l'indice de rayonnement	12
3.2 Débit de dose	12
3.3 Propriétés critiques.....	14
3.4 Températures	14
3.5 Autres considérations	14
4 Désignation de l'indice de rayonnement et qualificateurs pour services particuliers	16
4.1 Indice de rayonnement	16
4.2 Indice de rayonnement avec qualificateur	16
4.3 Exemples.....	18
Bibliographie	22
Tableau 1 – Propriétés critiques et critères de point limite à considérer dans l'évaluation de la classification des matériaux isolants placés dans des environnements sous rayonnement	18
Tableau 2 – Dose absorbée correspondant à l'indice de rayonnement.....	20

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60544-4:2003

CONTENTS

FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
1 Scope and object	11
2 Normative references	11
3 Classification system	13
3.1 Definition of radiation index	13
3.2 Dose rate	13
3.3 Critical properties	15
3.4 Temperatures	15
3.5 Additional considerations	15
4 Designation of radiation index and special service qualifiers	17
4.1 Radiation index	17
4.2 Radiation index with qualifications	17
4.3 Examples	19
Bibliography	23
Table 1 – Critical properties and end-point criteria to be considered in evaluating the classification of insulating materials in radiation environments	19
Table 2 – Values for radiation index	21

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60544-4:2003

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX ISOLANTS ÉLECTRIQUES – DÉTERMINATION DES EFFETS DES RAYONNEMENTS IONISANTS –

Partie 4: Système de classification pour l'utilisation dans un environnement sous rayonnement

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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques 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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60544-4 a été établie par le sous-comité 15E: Méthodes d'essai, du comité d'études 15 de la CEI: Matériaux isolants.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1985.

La raison de la révision était d'aligner la partie 4 avec la révision de la partie 1 (1994) et la partie 2 (1991), et en particulier le fait que la partie 3 a été incluse dans la seconde édition de la publication de la partie 2. Cela concerne surtout les références (qui sont incorrectes dans la version précédente); en conséquent les principaux changements sont éditoriaux.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRICAL INSULATING MATERIALS –
DETERMINATION OF THE EFFECTS OF IONIZING RADIATION –****Part 4: Classification system for service in radiation environments**

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, 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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 60544-4 has been prepared by subcommittee 15E: Methods of test, of IEC technical committee 15: Insulating materials.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 1985.

The purpose of the revision was to bring Part 4 in line with the revision of Part 1 (1994) and Part 2 (1991), in particular the fact that Part 3 has been incorporated in Part 2. This concerns mainly all the cross-references (which were wrong in the previous edition), and therefore the main changes were editorial.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
15E/218/FDIS	15E/220/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 CEI 60544 comprend les parties suivantes, regroupées sous le titre général *Matériaux isolants électriques – Détermination des effets des rayonnements ionisants*:

Partie 1: Interaction des rayonnements et dosimétrie

Partie 2: Méthodes d'irradiation et d'essai

Partie 3: (maintenant intégrée dans la partie 2)

Partie 4: Système de classification pour l'utilisation dans un environnement sous rayonnement

Partie 5: Procédures pour l'estimation du vieillissement en service

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2008. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60544-4:2003

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

FDIS	Report on voting
15E/218/FDIS	15E/220/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.

IEC 60544 consists of the following parts, under the general title *Electrical insulating materials – Determination of the effects of ionizing radiation*:

- Part 1: Radiation interaction and dosimetry
- Part 2: Procedures for irradiation and test
- Part 3: (now incorporated into Part 2)
- Part 4: Classification system for service in radiation environments
- Part 5: Procedures for assessment of ageing in service

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2008. At this date, the publication will be

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60544-4:2003

INTRODUCTION

Les matériaux isolants organiques jouent un grand rôle en électrotechnique. Ils forment, avec les métaux et les céramiques, la principale catégorie de matériaux employés pour la fabrication des composants dans ce domaine. Les matériaux organiques comptent parmi les matériaux les plus sensibles aux effets des rayonnements et les réactions diffèrent beaucoup d'un matériau à l'autre. C'est pourquoi, lorsque l'on doit choisir des matériaux isolants pour des applications spécifiques dans des environnements sous rayonnement, il faut tout d'abord se renseigner sur la tenue aux rayonnements des différents matériaux envisagés. Le but de la présente partie de la CEI 60544 est de définir un système de classification recommandé internationalement pour classer par catégories le comportement sous rayonnements des matériaux isolants destinés aux applications susmentionnées.

La présente norme est la quatrième d'une série consacrée à l'effet des rayonnements ionisants sur les matériaux isolants. La CEI 60544-1 constitue une introduction traitant, d'un point de vue très général, des problèmes liés à l'évaluation des effets des rayonnements. Elle est aussi pourvue d'un guide de terminologie en dosimétrie, de plusieurs méthodes de détermination de la dose d'exposition et de la dose absorbée ainsi que des méthodes de calcul de la dose absorbée dans tout matériau spécifique selon la méthode de dosimétrie utilisée.

La CEI 60544-2 décrit les méthodes pour maintenir sept types différents de conditions d'exposition durant l'irradiation. On y présente également les contrôles qu'il faut exercer sur ces conditions d'essais pour que des comparaisons sûres puissent être établies entre les performances des matériaux, d'après le rapport des résultats d'essais. Elle définit également certaines conditions importantes d'irradiation et les méthodes d'essai à utiliser pour déterminer les changements de propriétés et les critères de point limite correspondants.

La CEI 60544-3 a été incluse dans la seconde édition de la CEI 60544-2.

La CEI 60544-5 traite des procédures pour l'estimation du vieillissement en service.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF IEC 60544-4:2003

INTRODUCTION

Organic insulating materials occupy a role of major significance in electrical technology. They rank with metals and ceramics as the principal category of materials used in the construction of components in this field. Of all materials, organics are amongst those that are most sensitive to the effects of radiation, and the response varies widely for different materials. Thus, when selecting insulating materials for specific service applications in radiation environments, information on the radiation tolerance of the candidate materials is required. The purpose of this part of IEC 60544 is to define an internationally recommended classification system to categorize the radiation endurance of insulating materials for such applications.

This standard is the fourth in a series dealing with the effect of ionizing radiation on insulating materials. IEC 60544-1 constitutes an introduction dealing very broadly with the problems involved in evaluating radiation effects. It also provides a guide to dosimetry terminology, several methods of determining exposure and absorbed dose, and methods of calculating absorbed dose in any specific material from the dosimetry method applied.

IEC 60544-2 describes procedures for maintaining seven different types of exposure conditions during the irradiation. It also specifies the controls that are maintained over these conditions so that when test results are reported, reliable comparisons of material performances can be obtained. In addition, it defines certain important irradiation conditions and the test procedures to be used for property change determinations and the corresponding end-point criteria.

IEC 60544-3 has been incorporated into the second edition of IEC 60544-2.

IEC 60544-5 deals with procedures for the assessment of ageing in service.

MATÉRIAUX ISOLANTS ÉLECTRIQUES – DÉTERMINATION DES EFFETS DES RAYONNEMENTS IONISANTS –

Partie 4: Système de classification pour l'utilisation dans un environnement sous rayonnement

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 60544 fournit un système de classification constituant un guide pour choisir et répertorier les matériaux isolants devant être employés dans l'environnement sous rayonnement des réacteurs nucléaires, des installations du traitement des combustibles nucléaires, des installations d'irradiation, des accélérateurs de particules et des appareils à rayons X.

Le système de classification donne une série de paramètres définissant les possibilités d'emploi des trois types de matériaux polymériques (plastiques rigides, plastiques souples et élastomères) devant être employés dans des dispositifs exposés à des rayonnements ionisants.

La présente partie de la CEI 60544 constitue la base de l'évaluation quantitative de la possibilité d'utiliser de tels matériaux pour des environnements sous rayonnement et, par conséquent, elle sert de guide pour les spécifications des matériaux et les accords d'approvisionnement entre les fournisseurs et les utilisateurs.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. 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).

IEC 60212:1971, *Conditions normales à observer avant et pendant les essais de matériaux isolants électriques solides*

CEI 60544-1:1994, *Matériaux isolants électriques – Détermination des effets des rayonnements ionisants – Partie 1: Interaction des rayonnements et dosimétrie*

CEI 60544-2:1991, *Guide pour la détermination des effets des rayonnements ionisants sur les matériaux isolants – Deuxième partie: Méthodes d'irradiation et d'essai*

CEI 61244-1:1993, *Détermination du vieillissement à long terme sous rayonnement dans les polymères – Partie 1: Techniques pour contrôler l'oxydation limitée par diffusion*

CEI 61244-2:1996, *Détermination du vieillissement à long terme sous rayonnement dans les polymères – Partie 2: Méthodes pour prédire le vieillissement à faible débit de dose*

ELECTRICAL INSULATING MATERIALS – DETERMINATION OF THE EFFECTS OF IONIZING RADIATION –

Part 4: Classification system for service in radiation environments

1 Scope and object

This part of IEC 60544 provides a classification system that serves as a guide for the selection and indexing of insulating materials intended to serve in the radiation environment of nuclear reactor facilities, reactor fuel-processing facilities, irradiation facilities, particle accelerators, and X-ray apparatus.

The classification system provides a set of parameters defining the utility of the three types of polymeric materials (rigid plastics, flexible plastics, elastomers) for use in devices which are exposed to ionizing radiation.

This part of IEC 60544 forms the basis for a quantitative statement of the suitability of such materials for radiation environments and therefore provides a guide for material specifications and for procurement agreements between suppliers and users.

2 Normative references

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

IEC 60212:1971, *Standard conditions for use prior to and during the testing of solid electrical insulating materials*

IEC 60544-1:1994, *Electrical insulating materials – Determination of the effects of ionizing radiation – Part 1: Radiation interaction and dosimetry*

IEC 60544-2:1991, *Guide for determining the effects of ionizing radiation on insulating materials – Part 2: Procedures for irradiation and test*

IEC 61244-1:1993, *Determination of long-term radiation ageing in polymers – Part 1: Techniques for monitoring diffusion-limited oxidation*

IEC 61244-2:1996, *Determination of long-term radiation ageing in polymers – Part 2: Procedures for predicting ageing at low dose rates*

3 Système de classification

La classification d'un matériau particulier destiné à une application spécifique est établie en fonction des résultats d'essais effectués pour détecter les changements dans les propriétés mécaniques et/ou électriques appropriées en les mesurant avant et après l'irradiation jusqu'aux doses absorbées indiquées dans les conditions stipulées dans la CEI 60544-2. Sur la base des résultats de ces essais, on donne au matériau étudié un «indice de rayonnement». Pour qu'un matériau puisse avoir droit à un indice de rayonnement particulier, il doit répondre aux critères de point limite après avoir été irradié jusqu'à la dose correspondant à la classification envisagée.

Le critère de point limite peut être exprimé comme une propriété d'une valeur absolue ou comme un pourcentage de la valeur initiale. L'une ou l'autre des méthodes peut être utilisée pour classer la résistance des matériaux aux rayonnements. Le Tableau 1 fournit des recommandations de propriétés et de pourcentages de valeurs initiales.

Toutes les mesures doivent être effectuées après suppression de l'exposition au rayonnement, sauf indication contraire dans les «qualificateurs des indices de rayonnement». Le traitement post-irradiation des éprouvettes doit être effectué comme indiqué en 3.5 de la CEI 60544-2.

3.1 Définition de l'indice de rayonnement

L'indice de rayonnement doit être déterminé par le logarithme ($\log_{10}$ arrondi à deux chiffres significatifs) de la dose absorbée en grays au-dessus de laquelle la valeur de la propriété critique appropriée a atteint le critère de point limite dans les conditions spécifiées. Par exemple, un matériau qui répond à un critère de point limite particulier jusqu'à une dose de 2×10^4 Gy a un indice de rayonnement atteignant 4,3 (c'est-à-dire $\log_{10} (2 \times 10^4) = 4,301$). Les valeurs doivent être prises dans les séries données dans le Tableau 2.

L'indice de rayonnement doit inclure le débit de dose (voir 3.2.1), ou la notation «vac» (voir 3.2.2), et doit, en cas de nécessité, inclure des qualificateurs spéciaux tels que la propriété critique (voir 3.3), la température (voir 3.4) et le milieu (voir 4.2.3). Pour une qualification supplémentaire voir Article 4.

Comme cela a été recommandé dans la CEI 60544-2, il est préférable d'employer des rayons gamma, des rayons X ou des électrons pour les irradiations destinées aux essais. Le type de rayonnement auquel le matériau a été exposé doit être spécifié.

3.2 Débit de dose

3.2.1 Selon le matériau et les conditions d'irradiation, on peut obtenir différentes valeurs pour les indices de rayonnement lorsque les essais sont effectués à différents débits de dose dans des atmosphères contenant de l'oxygène. De même, les effets de débit de dose dus à l'oxydation limitée par diffusion (voir CEI 61244-1) peuvent dépendre de l'épaisseur de l'échantillon. Par conséquent, pour l'irradiation dans des conditions d'exposition à long terme (voir 3.6 de la CEI 60544-2), l'indice de rayonnement doit être donné avec des qualificateurs précisant le débit de dose et l'épaisseur auxquels l'indice de rayonnement a été obtenu. Par exemple: indice de rayonnement 4,3 (50 Gy/s, 1 mm).

3.2.2 En l'absence de milieu réactif (par exemple dans le vide ou dans un gaz inerte), il n'est pas nécessaire de considérer les effets du débit de dose. Dans ce cas, le qualificateur de débit de dose peut être remplacé par la notation (vac). Par exemple: indice de rayonnement 4,3 (vac).

3 Classification system

The classification of a particular material for a specific application is established by the results of testing for changes in the appropriate mechanical and/or electrical properties by measuring them before and after irradiation to the indicated absorbed dose under selected conditions described in IEC 60544-2. On the basis of these tests, the material is assigned a “radiation index”. To qualify for a particular radiation index, a material shall satisfy an end-point criterion after being irradiated to the classification dose under specified conditions.

The end-point criterion may be expressed as an absolute property value or a percentage of the initial value. Either method may be used to classify materials for radiation resistance. Table 1 provides recommendations for properties and percentages of initial values.

All measurements shall be made after removal from the radiation exposure unless otherwise stated in the “qualifiers of the radiation index”. Post-irradiation treatment of test specimens shall be conducted as specified in 3.5 of IEC 60544-2.

3.1 Definition of radiation index

The radiation index shall be determined by the logarithm ($\log_{10}$ rounded off to two significant figures) of the absorbed dose in grays above which the appropriate critical property value has reached the end-point criterion under specified conditions. For example, a material which satisfies a particular end-point criterion to a dose of 2×10^4 Gy has a radiation index of 4,3 (i.e. $\log_{10} (2 \times 10^4) = 4,301$). The values shall be taken from the series given in Table 2.

The radiation index shall include the dose rate (see 3.2.1), or the notation “vac” (see 3.2.2), and include special qualifiers, when applicable, such as the critical property (see 3.3), temperature (see 3.4), and the medium (see 4.2.3). For further qualification see Clause 4.

As recommended in IEC 60544-2, it is preferable to use gamma-rays, X-rays or electrons for the test irradiation. The type of radiation to which the material was exposed shall be specified.

3.2 Dose rate

3.2.1 Depending on the material and the irradiation conditions, different values of radiation index may be obtained when the test is carried out at different dose rates in atmospheres containing oxygen. Also, dose rate effects caused by diffusion-limited oxidation (see IEC 61244-1) can depend on sample thickness. Therefore, under long-term exposure conditions (see 3.6 of IEC 60544-2), the radiation index shall be given with qualifiers indicating the dose rate and the sample thickness at which the radiation index was obtained. For example: radiation index 4,3 (50 Gy/s, 1 mm).

3.2.2 In the absence of a reactive medium (e.g. in a vacuum or an inert gas), no dose-rate effect needs be considered. In this case the dose rate qualifier may be replaced by the notation (vac). For example: radiation index 4,3 (vac).

3.2.3 En présence d'oxygène, il peut se produire, pour certains polymères, une réaction de décomposition par suite des états réactifs, engendrés par les rayonnements, de certains polymères. Cet effet dépend de la quantité d'oxygène qui pénètre par diffusion dans le matériau. Il dépend donc de la perméabilité du polymère à l'oxygène gazeux, de l'épaisseur de l'échantillon et du taux de consommation d'oxygène (voir CEI 61244-1). Dans ce cas, on rencontre fréquemment les effets du débit de dose du rayonnement.

Si une dépendance du débit de dose n'a pas été exclue lors d'expériences antérieures, il faut faire les essais le plus près possible du débit de dose rencontré en service.

Pour l'irradiation dans l'air, le débit de dose et l'épaisseur de l'échantillon donnés selon 3.2.1 signifient que l'indice de rayonnement est valable pour ce débit de dose ou un débit supérieur et pour cette épaisseur.

3.2.4 Si le temps d'irradiation requis est excessif, il est recommandé de déterminer l'effet du débit de dose par l'une des méthodes données dans la CEI 61244-2.

3.3 Propriétés critiques

3.3.1 Pour les applications normales, la propriété la plus restrictive est la résistance à la flexion sous charge maximale pour les plastiques rigides et le pourcentage d'allongement à la rupture pour les plastiques souples et les élastomères. Sauf indication contraire, l'indice de rayonnement devra tenir compte de l'application des critères de point limite associés à ces propriétés. Cela ne signifie pas nécessairement une condition de fin de vie.

3.3.2 Si l'application l'exige, l'utilisateur peut spécifier une autre propriété prise dans le Tableau 1 pour déterminer l'indice de rayonnement. Dans ces conditions, la propriété mise à l'essai doit être spécifiée.

3.4 Températures

3.4.1 Pour déterminer l'indice de rayonnement, la température normale des essais doit être la température ambiante (23 ± 5).°C.

3.4.2 Le service, à des températures élevées, ajoute un facteur supplémentaire à l'estimation de la durée de vie utile des matériaux dans des environnements sous rayonnement. Chaque matériau est affecté différemment; en général, les matériaux présentent une dégradation accélérée des propriétés aux températures élevées. Il y a cependant quelques matériaux qui ont une durée de vie plus longue dans certaines combinaisons de températures et de débit de dose. On doit considérer chaque paramètre et la propriété essentielle commandant la durée de service lors de la détermination de l'indice de rayonnement, car les vitesses des réactions de dégradation varient avec la température, et leur importance relative peut dépendre de l'état physique du polymère à la température spécifique. Le rapport de ces vitesses peut changer brusquement à la température de transition vitreuse ou à d'autres températures de transition. Par conséquent, les changements de propriétés découlant de ces réactions sont influencés différemment pour chaque matériau par la température d'irradiation.

Si la température de service est différente de la température ambiante, le matériau doit être également mis à l'essai à l'une des températures normalisées les plus proches données dans la CEI 60212 et selon 3.4.2 de la CEI 60544-2.

3.5 Autres considérations

3.5.1 Les changements se produisant dans les propriétés sont typiquement non linéaires à la dose. Par conséquent, l'extrapolation des valeurs de la dose correspondant aux critères de point limite est déconseillée.

3.2.3 In the presence of oxygen, there may be decomposition reactions with radiation-induced reactive states of some polymers. This effect depends on the amount of oxygen which penetrates by diffusion into the material and, consequently, it depends on the permeability of the polymer to gaseous oxygen, the thickness of the sample, and the rate of oxygen consumption (see IEC 61244-1). In this case a radiation dose-rate effect often occurs.

If a dose-rate dependence has not been excluded by prior experiments, it is necessary to test as closely as possible to the service dose rate.

For irradiation in air, the dose rate and sample thickness according to 3.2.1 means that the radiation index is valid for this dose rate or higher and for this thickness.

3.2.4 If the required radiation time is excessive, it is recommended that the dose-rate effect be estimated by one of the procedures given in IEC 61244-2.

3.3 Critical properties

3.3.1 For normal applications, the most restrictive property is the flexural stress at maximum load for rigid plastics and the percentage elongation at break for flexible plastics and elastomers. Unless otherwise stated, the radiation index will assume the application of the end-point criteria associated with these properties. This does not necessarily refer to an end-of-life condition.

3.3.2 Should the application warrant it, the user may specify an alternative property taken from Table 1 to determine the radiation index. Under these conditions, the actual property tested shall be specified.

3.4 Temperatures

3.4.1 The normal test temperature for determining the radiation index shall be room temperature (23 ± 5) °C.

3.4.2 Service at elevated temperatures adds an additional factor to the estimation of the useful lifetime of materials in radiation environments. Each material is affected differently; in general, materials show an accelerated deterioration of properties at elevated temperatures. There are, however, a few which have a longer life in some combinations of temperature and dose rate. Each parameter and the significant property controlling service life shall be considered when determining the radiation index because the rates of degradation reactions vary with temperature, and their relative importance can depend on the physical state of the polymer at the specified temperature. The ratio of such rates may change sharply at the glass transition temperature or at other transition temperatures. Therefore, the changes in properties which are affected by these reactions are influenced by the irradiation temperature, differently for each material.

If the service temperature is other than room temperature, the material shall also be tested at one of the closest standardized temperatures given in IEC 60212 and following 3.4.2 of IEC 60544-2.

3.5 Additional considerations

3.5.1 The changes in properties are typically not linear with dose. Therefore, extrapolation of the values of dose to the end-point criteria is not advisable.

3.5.2 Les valeurs initiales des propriétés du matériau non irradié doivent être indiquées. L'indice de rayonnement des différents polymères donne une indication quant à leur résistance aux rayonnements, en comparaison avec la valeur de leurs propriétés initiales. Une estimation approximative de la durée de vie en service peut être faite à partir du débit de dose de l'environnement en service et à partir de la dose correspondant à l'indice de rayonnement lorsque les propriétés requises pour l'application peuvent être rattachées à un critère de point limite. Cependant, l'existence d'importants effets de débit de dose peut réduire considérablement la durée de vie en service réelle comparée à cette estimation initiale (voir la CEI 60544-1 et la CEI 60544-2).

3.5.3 L'indice de rayonnement déterminé n'est valable que pour le matériau spécifique qui a été soumis aux essais. Il en est ainsi parce que les changements se produisant dans la composition chimique (y compris les charges et les additifs), dans la structure physique, dans les méthodes de fabrication, etc., peuvent provoquer des variations dans les modifications apportées par rayonnement aux propriétés. C'est pourquoi il peut ne pas être acceptable de donner une classification à un matériau simplement parce qu'il est du même type chimique qu'un autre matériau qui a été classé au moyen des essais.

Le matériau connexe peut généralement entrer dans la même catégorie de résistance aux rayonnements que le matériau spécifique qui a été mis à l'essai sous certaines conditions. Par exemple, si la variante est un additif ne modifiant pas l'effet des rayonnements, et si la différence de concentration atteint à 10 % près le poids de l'élément employé dans le composé, alors cela est acceptable.

4 Désignation de l'indice de rayonnement et qualificateurs pour services particuliers

4.1 Indice de rayonnement

L'indice de rayonnement provenant du Tableau 2 désigne un matériau pour application aux débit de dose et épaisseur spécifiés dans l'air (voir 3.2.1), ou, avec la notion «vac» en l'absence de milieu réactif, à n'importe quel débit de dose (voir 3.2.2) à la température ambiante (voir 3.4.1). De plus, l'indice de rayonnement a été déterminé au moyen d'essais en ce qui concerne

- la résistance à la flexion sous charge maximale des plastiques rigides, ou
- l'allongement à la rupture des plastiques souples et élastomères,

conformément à 3.3.1 et aux critères de point limite appropriés du Tableau 1.

4.2 Indice de rayonnement avec qualificateur

4.2.1 Lorsqu'une propriété critique, autre que celle indiquée en 4.1, sert à évaluer l'endurance aux rayonnements d'un matériau, on doit ajouter à l'indice de rayonnement un qualificateur relatif à la propriété mise à l'essai (voir 3.3.2).

4.2.2 Pour les applications à une température autre que la température ambiante, un qualificateur doit être ajouté à l'indice de rayonnement. Il donnera la température maximale de service (voir 3.4.2).

4.2.3 Dans le cas d'un milieu réactif autre que l'air, un qualificateur doit être ajouté à l'indice de rayonnement pour spécifier le milieu.

3.5.2 The original values of the properties of the unirradiated material shall be stated. The radiation index of specific polymers provides an indication of their resistance to radiation when compared with the values of their original properties. An approximate estimate of service lifetime can be made from the dose rate of the service environment and the dose corresponding to the radiation index when the property requirements of the application can be related to an end-point criterion. However, the existence of important dose rate effects may substantially reduce the actual service lifetime compared to this initial estimate (see IEC 60544-1 and IEC 60544-2).

3.5.3 The determined radiation index may only be valid for the specific material which has been submitted to the test. This is because the changes in chemical composition (including fillers and additives), in physical structure, fabrication methods, etc., may cause variations in the radiation-induced changes in properties. Therefore, it may not be acceptable to assume a classification for one material merely because it is of the same chemical type as another material that has been classified by testing.

The related material may generally be assigned to the same category of radiation resistance as that determined for the specified material that has been tested under certain conditions. For example, if the variant is an additive not believed to affect the radiation effect and the difference in mass concentration is within 10 % of the component used in the compound, then this is acceptable.

4 Designation of radiation index and special service qualifiers

4.1 Radiation index

The radiation index value taken from Table 2 designates a material for application at the specified dose rate and thickness in air (see 3.2.1), or with the notation “vac” in the absence of a reactive medium at any dose rate (see 3.2.2), at room temperature (see 3.4.1). In addition, the radiation index has been determined by testing for

- flexural stress at maximum load for rigid plastics, or
- elongation at break for flexible plastics and elastomers,

in accordance with 3.3.1 and the appropriate end-point criteria of Table 1.

4.2 Radiation index with qualifications

4.2.1 When an alternative critical property, other than indicated in 4.1, is used to evaluate the radiation endurance of a material, the actual property tested shall be added to the radiation index as a qualifier (see 3.3.2).

4.2.2 For application at other than room temperature, a qualifier shall be added to the radiation index indicating the maximum service temperature (see 3.4.2).

4.2.3 In the case of a reactive medium other than air, this specific medium shall be added to the radiation index as a qualifier.

4.3 Exemples

Voici trois exemples de l'utilisation de cette classification et du barème des indices:

- l'appellation «PVC, type XY, indice de rayonnement 6,0 (50 Gy/s, 1 mm)»

Cette appellation signifie que le PVC, type XY, d'épaisseur plus petite ou égale à 1 mm, garde un allongement à la rupture de 50 % de sa valeur initiale après irradiation jusqu'à une dose absorbée de 1×10^6 Gy à 23 °C et à un débit de dose de 50 Gy/s ou plus, dans l'air;

- l'appellation «résine époxyde, type XY, indice de rayonnement 7,0 (vac, résistance d'isolement)»

Cette appellation signifie que la résine époxyde, type XY, garde 10 % de sa résistance par rapport à sa valeur initiale après irradiation jusqu'à une dose absorbée de 1×10^7 Gy à une température ambiante de (23 ± 5) °C, sous vide;

- l'appellation «caoutchouc de silicone, type XY, indice de rayonnement 5,3 (0,1 Gy/s, 1 mm, résistivité superficielle, 80 °C)»

Cette appellation signifie que le caoutchouc de silicone, type XY, d'épaisseur plus petite ou égale à 1 mm, garde une résistivité superficielle égale à au moins 0,1 fois sa valeur initiale après irradiation jusqu'à une dose absorbée de 2×10^5 Gy à une température de service de 80 °C ou moins et à des débits de dose de 0,1 Gy/s ou plus dans l'air.

Tableau 1 – Propriétés critiques et critères de point limite à considérer dans l'évaluation de la classification des matériaux isolants placés dans des environnements sous rayonnement

Type de matériaux	Propriétés à mettre à l'essai	Méthodes d'essai	Critères de point limite ^a
Plastiques rigides	Résistance à la flexion	ISO 178	50 %
	Contrainte de traction au seuil d'écoulement	ISO 527	50 %
	Contrainte de traction à la rupture	ISO 527	50 %
	Résistance au choc	ISO 179	50 %
	Résistivité transversale et superficielle	CEI 60093	10 %
	Résistance à l'isolement	CEI 60167	10 %
	Rigidité diélectrique	CEI 60243	50 %
Plastiques souples	Résistance à la flexion	ISO 527	50 %
	Allongement à la rupture	ISO 37	50 %
	Contrainte de traction au seuil d'écoulement	ISO 527	50 %
	Contrainte de traction à la rupture	ISO 527	50 %
	Résistance au choc	ISO 179	50 %
	Résistivité transversale et superficielle	CEI 60093	10 %
	Résistance à l'isolement	CEI 60167	10 %
	Rigidité diélectrique	CEI 60243	50 %
Elastomères	Allongement à la rupture	ISO 37	50 %
	Contrainte de traction à la rupture	ISO 37	50 %
	Dureté D.I.D.C.	ISO 48	Changement de 10 unités
	Dureté Shore A	ISO 868	Changement de 10 unités
	Déformation rémanente après compression	ISO 815	50 %
	Résistivité transversale et superficielle	CEI 60093	10 %
	Résistance à l'isolement	CEI 60167	10 %
	Rigidité diélectrique	CEI 60243	50 %

^a Les valeurs données en pourcentage sont exprimées en pourcentage de la valeur initiale