

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60544-4**

Première édition  
First edition  
1985-01

---

---

**Guide pour la détermination des effets  
des rayonnements ionisants sur les  
matériaux isolants**

**Quatrième partie:**  
Système de classification pour l'utilisation  
dans un environnement sous rayonnement

**Guide for determining the effects of  
ionizing radiation on insulating materials**

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



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 60544-4: 1985

## Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

## Publications 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.

## Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI\*
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement et mis à jour régulièrement  
(Catalogue en ligne)\*
- **Bulletin de la CEI**  
Disponible à la fois au «site web» de la CEI\* et comme périodique imprimé

## Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (IEV)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

\* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

## Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

## Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. 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.

## Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

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 to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site\***
- **Catalogue of IEC publications**  
Published yearly with regular updates  
(On-line catalogue)\*
- **IEC Bulletin**  
Available both at the IEC web site\* and as a printed periodical

## Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

\* See web site address on title page.

NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD

CEI  
IEC

60544-4

Première édition  
First edition  
1985-01

**Guide pour la détermination des effets  
des rayonnements ionisants sur les  
matériaux isolants**

**Quatrième partie:**  
Système de classification pour l'utilisation  
dans un environnement sous rayonnement

**Guide for determining the effects of  
ionizing radiation on insulating materials**

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

© IEC 1985 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  
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland  
e-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch) IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

H

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

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**GUIDE POUR LA DÉTERMINATION DES EFFETS DES RAYONNEMENTS  
IONISANTS SUR LES MATÉRIAUX ISOLANTS**

**Quatrième partie: Système de classification  
pour l'utilisation dans un environnement sous rayonnement**

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 Sous-Comité 15B: Essais d'endurance, du Comité d'Etudes n° 15, de la CEI: Matériaux isolants.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote	Procédure des Deux Mois	Rapport de vote
15B(BC)51	15B(BC)56	15B(BC)60	15B(BC)63

Pour de plus amples renseignements, consulter les rapports de vote correspondants, mentionnés dans le tableau ci-dessus.

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

- Publications n<sup>os</sup>
- 93 (1980): Méthodes pour la mesure de la résistivité transversale et de la résistivité superficielle des matériaux isolants électriques solides.
  - 167 (1964): Méthodes d'essai pour la détermination de la résistance d'isolement des isolants solides.
  - 212 (1971) Conditions normales à observer avant et pendant les essais de matériaux isolants électriques solides.
  - 243 (1967): Méthodes d'essai recommandées pour la détermination de la rigidité diélectrique des matériaux isolants solides aux fréquences industrielles.
  - 544-1 (1977): Guide pour la détermination des effets des rayonnements ionisants sur les matériaux isolants. Première partie: Interaction des rayonnements.
  - 544-2 (1979): Deuxième partie: Méthodes d'irradiation.
  - 544-3 (1979): Troisième partie: Méthodes d'essais pour la détermination des effets permanents.

Autres publications citées:

- ISO 37-1977: Caoutchouc vulcanisé — Essai de traction-allongement.
- ISO 48-1979: Elastomères vulcanisés — Détermination de la dureté (Dureté comprise entre 30 et 85 D.I.D.C.).
- ISO 178-1975: Matières plastiques — Détermination des caractéristiques de flexion des matières plastiques rigides.
- ISO 179-1982: Plastiques — Détermination de la résistance au choc Charpy des matières rigides.
- ISO/R 527-1966: Matières plastiques — Détermination des caractéristiques en traction.
- ISO 815-1972: Elastomères vulcanisés — Détermination de la déformation rémanente après compression sans déformation constante aux températures normale et élevée.
- ISO 868-1978: Plastiques — Détermination de la dureté par pénétration au moyen d'un duromètre (dureté Shore).

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

GUIDE FOR DETERMINING THE EFFECTS OF IONIZING  
RADIATION ON INSULATING MATERIALSPart 4: Classification system for service  
in radiation environments

## 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 recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

## PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 15B: Endurance Tests, of IEC Technical Committee No. 15: Insulating Materials.

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

Six Months' Rule	Report on Voting	Two Months' Procedure	Report on Voting
15B(CO)51	15B(CO)56	15B(CO)60	15B(CO)63

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

The following IEC publications are quoted in this standard:

- Publications Nos. 93 (1980): Methods of Test for Volume Resistivity and Surface Resistivity of Solid Electrical Insulating Materials.
- 167 (1964): Methods of Test for the Determination of the Insulation Resistance of Solid Insulating Materials.
- 212 (1971): Standard Conditions for Use Prior to and During the Testing of Solid Electrical Insulating Materials.
- 243 (1967): Recommended Methods of Test for Electric Strength of Solid Insulating Materials at Power Frequencies.
- 544-1 (1977): Guide for Determining the Effects of Ionizing Radiation on Insulating Materials. Part 1: Radiation Interaction.
- 544-2 (1979): Part 2: Procedures for Irradiation.
- 544-3 (1979): Part 3: Test Procedures for Permanent Effects.

Other publications quoted:

- ISO 37-1977: Rubber Vulcanized — Determination of Tensile Stress-strain Properties.
- ISO 48-1979: Vulcanized Rubbers — Determination of Hardness (Hardness between 30 and 85 IRHD).
- ISO 178-1975: Plastics — Determination of Flexural Properties of Rigid Plastics.
- ISO 179-1982: Plastics — Determination of Charpy Impact Strength of Rigid Materials.
- ISO/R 527-1966: Plastics — Determination of Tensile Properties.
- ISO 815-1972: Vulcanized Rubbers — Determination of Compression Set under Constant Deflection at Normal and High Temperatures.
- ISO 868-1978: Plastics — Determination by Indentation Hardness by Means of a Durometer (Shore Hardness).

# GUIDE POUR LA DÉTERMINATION DES EFFETS DES RAYONNEMENTS IONISANTS SUR LES MATÉRIAUX ISOLANTS

## Quatrième partie: Système de classification pour l'utilisation dans un environnement sous rayonnement

### 1. Introduction

- 1.1 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, lorsqu'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 norme est de définir un système de classification recommandé internationalement pour classer par catégories le comportement sous rayonnements des matériaux isolants destinés aux applications susmentionnées.
- 1.2 La présente partie est la quatrième d'une série consacrée à l'effet des rayonnements ionisants sur les matériaux isolants. La première partie de la norme (Publication 544-1 de la CEI: Guide pour la détermination des effets des rayonnements ionisants sur les matériaux isolants, Première partie: Interaction des rayonnements) constitue une introduction traitant, d'un point de vue très général, les problèmes liés à l'évaluation des effets des rayonnements. La première partie est également 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 deuxième partie de la norme (Publication 544-2 de la CEI: Méthodes d'irradiation) décrit les méthodes pour maintenir six 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. La troisième partie (Publication 544-3 de la CEI: Méthodes d'essai pour la détermination des effets permanents) définit 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.

### 2. Domaine d'application et objet

- 2.1 L'objet du présent système de classification est de constituer 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.
- 2.2 Ce 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. Il constitue la base de l'évaluation quantitative de la possibilité d'utiliser de tels matériaux pour un service sous rayonnement et, par conséquent, il sert de guide pour les spécifications des matériaux et les accords d'approvisionnement entre les fournisseurs et les utilisateurs.

# GUIDE FOR DETERMINING THE EFFECTS OF IONIZING RADIATION ON INSULATING MATERIALS

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

### 1. Introduction

- 1.1 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 the standard is to define an internationally recommended classification system to categorize the radiation endurance of insulating materials for such applications.
- 1.2 This part is the fourth in a series dealing with the effect of ionizing radiation on insulating materials. Part 1 of the standard (IEC Publication 544-1: Guide for Determining the Effects of Ionizing Radiation on Insulating Materials, Part 1: Radiation Interaction) 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. Part 2 (IEC Publication 544-2: Procedures for Irradiation) describes procedures for maintaining six different types of exposure conditions during the irradiation. It also specifies the controls that shall be maintained over these conditions so that when test results are reported, reliable comparisons of material performances can be obtained. Part 3 (IEC Publication 544-3: Test Procedures for Permanent Effects) defines certain important irradiation conditions and the test procedures to be used for property change determinations and the corresponding end-point criteria.

### 2. Scope and object

- 2.1 The purpose of this classification system is to provide a guide for the selection and indexing of insulating materials to serve in the radiation environment of nuclear reactor facilities, reactor fuel-processing facilities, irradiation facilities, particle accelerators, and X-ray apparatus.
- 2.2 This 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. It forms the basis for a quantitative statement of the suitability of such materials for radiation service and therefore provides a guide for material specifications and for procurement agreements between suppliers and users.

### 3. Application

#### 3.1 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 les deuxième et troisième parties. 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 faut qu'il réponde aux critères de point limite indiqués dans le tableau I après avoir été irradié jusqu'à la dose correspondant à la classification envisagée.

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 postirradiation des éprouvettes doit être effectué comme il est indiqué dans la Publication 544-2, article 7.

#### 3.2 Définition de l'indice de rayonnement

L'indice de rayonnement doit être déterminé par le logarithme ( $\log 10$ ) de la dose absorbée en grays (arrondi à deux chiffres significatifs) 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  $2 \times 10^4$  Gy a un indice de rayonnement atteignant 4,3 (c'est-à-dire  $\log (2 \times 10^4) = 4,301$ ). Les valeurs doivent être prises dans les séries données dans le tableau II.

L'indice de rayonnement doit inclure le débit de dose (voir paragraphe 3.3.1), ou la notation «vac» (voir paragraphe 3.3.2), et doit, en cas de nécessité, inclure des qualificateurs spéciaux tels que la propriété critique (voir paragraphe 3.4), la température (voir paragraphe 3.5) et le milieu (voir paragraphe 4.2.3) pour une qualification supplémentaire.

Comme cela a été recommandé dans la troisième partie, 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.

#### 3.3 Débit de dose

3.3.1 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 (voir Publication 544-3 de la CEI). Par conséquent, l'indice de rayonnement doit être donné avec un qualificateur précisant le débit de dose auquel l'indice de rayonnement a été obtenu. Par exemple: indice de rayonnement 4,3 (50 Gy/s).

3.3.2 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).

3.3.3 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 et de l'épaisseur de l'échantillon.

L'effet de l'oxygène devient plus marqué par rapport à une certaine dose absorbée lorsque la durée augmente et, par conséquent, lorsque le débit de dose diminue. De là, si une dépendance du débit de dose est possible et 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.

### 3. Application

#### 3.1 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 Parts 2 and 3. On the basis of these tests, the material is assigned a “radiation index”. To qualify for a particular radiation index, a material shall satisfy one of the end-point criteria listed in Table I after being irradiated to the classification dose under specified conditions.

All measurements are to 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 Publication 544-2, Clause 7.

#### 3.2 Definition of radiation index

The radiation index shall be determined by the logarithm ( $\log_{10}$ ) of the absorbed dose in grays (rounded off to two significant figures) 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  $2 \times 10^4$  Gy has a radiation index of 4.3 (i.e.  $\log(2 \times 10^4) = 4.301$ ). The values are to be taken from the series given in Table II.

The radiation index shall include the dose rate (see Sub-clause 3.3.1), or the notation “vac” (see Sub-clause 3.3.2), and include special qualifiers, when applicable, such as: the critical property (see Sub-clause 3.4), temperature (see Sub-clause 3.5) and the medium (see Sub-clause 4.2.3) for further qualification.

As recommended in Part 3, 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.

#### 3.3 Dose rate

3.3.1 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 (see IEC Publication 544-3). Therefore the radiation index shall be given with a qualifier indicating the dose rate at which the radiation index was obtained. For example: radiation index 4.3 (50 Gy/s).

3.3.2 In the absence of a reactive medium (e.g. in a vacuum or an inert gas), no dose-rate effect need be considered. In this case the dose rate qualifier may be replaced by the notation (vac). For example: radiation index 4.3 (vac).

3.3.3 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 and on the thickness of the sample.

The effect of oxygen related to a certain absorbed dose becomes more significant with increasing time and therefore with decreasing dose rate. Hence, if a dose-rate dependence is possible and has not been excluded by prior experiments, it is necessary to test as closely as possible to the service dose rate.

Pour l'irradiation dans l'air, le débit de dose donné selon le paragraphe 3.3.1 signifie que l'indice de rayonnement est valable pour ce débit de dose ou un débit supérieur.

Pour l'irradiation dans des conditions d'exposition à long terme, l'influence de l'épaisseur de l'échantillon doit être considérée conformément au paragraphe 6.3 de la troisième partie du guide.

- 3.3.4 Si le temps d'irradiation requis est excessif, l'importance de l'effet du débit de dose doit être déterminée conformément aux recommandations du paragraphe 5.3 de la troisième partie du guide.

### 3.4 *Propriétés critiques*

3.4.1 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.

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

### 3.5 *Températures*

3.5.1 Pour déterminer l'indice de rayonnement, la température normale des essais doit être la température ambiante ( $23 \pm 5^\circ\text{C}$ ).

3.5.2 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, mais il y en a d'autres qui ont une durée de vie plus longue dans certaines combinaisons de températures et de débit de dose. Il y a lieu de considérer chaque paramètre et la propriété essentielle commandant la durée de vie en service pour déterminer l'indice de rayonnement car les vitesses des réactions engendrées par le rayonnement, qui produisent une réticulation ou une scission en chaîne, varient en fonction de la température, selon l'état physique du polymère à la température spécifiée. 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. Donc, 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 Publication 212 de la CEI: Conditions normales à observer avant et pendant les essais de matériaux isolants électriques solides, en suivant la méthode B (paragraphe 6.3) de la deuxième partie du présent guide.

### 3.6 *Autres considérations*

3.6.1 Les changements se produisant dans les propriétés peuvent ne pas être proportionnels à la dose. Par conséquent, les valeurs de la dose absorbée maximale correspondant aux critères de point limite ne peuvent pas être obtenues par extrapolation.

3.6.2 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

For irradiation in air, the dose rate given according to Sub-clause 3.3.1 means that the radiation index is valid for this dose rate or a higher one.

For irradiation under long-term exposure conditions, the influence of sample thickness shall be considered, following Sub-clause 6.3 of Part 3 of the guide.

3.3.4 If the required radiation time is excessive, the extent of the dose rate effect shall be determined by following the recommendations of Sub-clause 5.3 of Part 3 of the guide.

#### 3.4 *Critical properties*

3.4.1 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.

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

#### 3.5 *Temperatures*

3.5.1 The normal test temperature for determining the radiation index shall be room temperature ( $23 \pm 5^\circ\text{C}$ ).

3.5.2 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 but there are some 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 the radiation-induced reactions producing either crosslinking or chain scission vary with temperature, depending on the physical state of the polymer at the specified temperature. The ratio of these 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. Therefore, if the service temperature is other than room temperature, the material must also be tested at one of the closest standardized temperatures given in IEC Publication 212: Standard Conditions for Use Prior to and During the Testing of Solid Electrical Insulating Materials, following procedure B (Sub-clause 6.3) of Part 2 of this guide.

#### 3.6 *Additional considerations*

3.6.1 The change in properties may not be linear with dose. Therefore, the values of absorbed dose up to which the end-point criteria are satisfied may not be obtained by extrapolation.

3.6.2 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

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.

- 3.6.3 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 d'essais.

Si la variante dans un matériau connexe est seulement un colorant, un lubrifiant, un agent antistatique ou un retardateur de flamme, d'un type 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, 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.

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

##### 4.1 Indice de rayonnement

L'indice de rayonnement provenant du tableau II désigne un matériau pour application du débit de dose spécifiée dans l'air (voir paragraphe 3.3.1), ou avec la notation «vac» en l'absence de milieu réactif à n'importe quel débit de dose (voir paragraphe 3.3.2) à la température ambiante (voir paragraphe 3.5.1). De plus, l'indice de rayonnement a été déterminé au moyen d'essais, en ce qui concerne:

- i) la résistance à la flexion sous charge maximale des plastiques rigides, ou
- ii) l'allongement à la rupture des plastiques souples et des élastomères, conformément au paragraphe 3.4.1 et aux critères de point limite appropriés du tableau I.

##### 4.2 Indice de rayonnement avec qualificateur

4.2.1 Lorsqu'une propriété critique, comme il est indiqué au paragraphe 4.1, sert à évaluer l'endurance aux rayonnements d'un matériau, il faut ajouter à l'indice de rayonnement un qualificateur relatif à la propriété mise à l'essai (voir paragraphe 3.4.2).

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 paragraphe 3.5.2).

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.

##### 4.3 Exemples

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

- i) L'appellation «PVC, type HV, indice de rayonnement 6,0 (50 Gy/s)» signifie que le PVC, type HV, garde un allongement à la rupture de 50% de sa valeur initiale après irradiation jusqu'à une dose absorbée de  $10^6$  Gy à 23 °C et à un débit de dose de 50 Gy/s ou plus, dans l'air.
- ii) L'appellation «résine époxyde, type B, indice de rayonnement 7,0 (vac, résistance d'isolement)» signifie que la résine époxyde, type B, garde 10% de sa résistance par rapport à sa valeur initiale après irradiation jusqu'à une dose absorbée de  $1 \times 10^7$  Gy à 23 °C, sous vide.

index when the property requirements of the application can be related to an end-point criterion.

- 3.6.3 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.

If the variant in a related material is only a colorant or lubricant or antistatic agent or flame retardant of a type not believed to affect the radiation effect and the difference in concentration is within 10% by weight of the component used in the compound, the related material may generally be assigned to the same category of radiation resistance as that determined for the specific material that has been tested.

#### 4. Designation of radiation index and special service qualifiers

##### 4.1 Radiation index

The radiation index value taken from Table II designates a material for application at the specified dose rate in air (see Sub-clause 3.3.1), or with the notation "vac" in the absence of a reactive medium at any dose rate (see Sub-clause 3.3.2), at room temperature (see Sub-clause 3.5.1). In addition, the radiation index has been determined by testing for:

- i) flexural stress at maximum load for rigid plastics, or
  - ii) elongation at break for flexible plastics and elastomers,
- in accordance with Sub-clause 3.4.1 and the appropriate end-point criteria of Table I.

##### 4.2 Radiation index with qualifications

- 4.2.1 When an alternative critical property, other than indicated in Sub-clause 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 Sub-clause 3.4.2).
- 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 Sub-clause 3.5.2).
- 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 Examples

Three examples of the use of this classification and index scheme are:

- i) Designation "PVC, Type HV, radiation index 6.0 (50 Gy/s)" means that the PVC, Type HV, has reached 50% of its initial value when tested for elongation at break after irradiation to an absorbed dose of  $1 \times 10^6$  Gy at 23 °C and at a dose rate of 50 Gy/s and higher, in air.
- ii) Designation "epoxy resin, Type B, radiation index 7.0 (vac, insulation resistance)" means that the epoxy resin, Type B, has reached an insulation resistance of 10% of its initial value after irradiation to an absorbed dose of  $1 \times 10^7$  Gy at 23 °C, in vacuum.

iii) L'appellation «caoutchouc de silicone, type A, indice de rayonnement 5,3 (0,1 Gy/s, résistivité superficielle, 80 °C)» signifie que le caoutchouc de silicone, type A, garde 10% de la résistivité superficielle par rapport à sa valeur initiale après irradiation jusqu'à une dose absorbée de  $2 \times 10^5$  Gy à une température de service de 80 °C ou moins et à des débits de dose de 0,1 Gy/s ou plus.

TABLEAU I

*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	Critère de point limite*
Plastiques rigides	— Résistance à la flexion	ISO 178	50%
	— Contrainte de traction au seuil d'écoulement	ISO/R 527	50%
	— Contrainte de traction à la rupture	ISO/R 527	50%
	— Résistance au choc	ISO 179	50%
	— Résistivité transversale et superficielle	CEI 93	10%
	— Résistance d'isolement	CEI 167	10%
	— Rigidité diélectrique	CEI 243	50%
Plastiques souples	— Allongement à la rupture	ISO/R 527	50%
	— Contrainte de traction au seuil d'écoulement	ISO/R 527	50%
	— Contrainte de traction à la rupture	ISO/R 527	50%
	— Résistance au choc	ISO 179	50%
	— Résistivité transversale et superficielle	CEI 93	10%
	— Résistance d'isolement	CEI 167	10%
	— Rigidité diélectrique	CEI 243	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	
	— Déformation rémanente après compression	ISO 815	50%
	— Résistivité transversale et superficielle	CEI 93	10%
	— Résistance d'isolement	CEI 167	10%
	— Rigidité diélectrique	CEI 243	50%

\* Les valeurs données en pourcentage sont exprimées en pourcentage de la valeur initiale.

- iii) Designation “silicone rubber, Type A, radiation index 5.3 (0.1 Gy/s, surface resistivity, 80 °C)” means that the silicon rubber, Type A maintains a surface resistivity of at least 0.1 times of its initial value after irradiation to an absorbed dose of up to  $2 \times 10^5$  Gy at a service temperature of 80 °C and lower and at dose rates of 0.1 Gy/s and above.

TABLE I

*Critical properties and end-point criteria to be considered in evaluating the classification of insulating materials in radiation environments*

Type of material	Properties to be tested	Test procedures	End-point criteria*
Rigid plastics	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Flexural strength</li> <li>— Tensile strength at yield</li> <li>— Tensile strength at break</li> <li>— Impact strength</li> <li>— Volume and surface resistivity</li> <li>— Insulation resistance</li> <li>— Electric strength</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISO 178</li> <li>ISO/R 527</li> <li>ISO/R 527</li> <li>ISO 179</li> <li>IEC 93</li> <li>IEC 167</li> <li>IEC 243</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>50%</li> <li>50%</li> <li>50%</li> <li>50%</li> <li>10%</li> <li>10%</li> <li>50%</li> </ul>
Flexible plastics	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Elongation at break</li> <li>— Tensile strength at yield</li> <li>— Tensile strength at break</li> <li>— Impact strength</li> <li>— Volume and surface resistivity</li> <li>— Insulation resistance</li> <li>— Electric strength</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISO/R 527</li> <li>ISO/R 527</li> <li>ISO/R 527</li> <li>ISO 179</li> <li>IEC 93</li> <li>IEC 167</li> <li>IEC 243</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>50%</li> <li>50%</li> <li>50%</li> <li>50%</li> <li>10%</li> <li>10%</li> <li>50%</li> </ul>
Elastomeres	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Elongation at break</li> <li>— Tensile strength at break</li> <li>— Hardness/IRHD</li> <li>— Hardness/Shore A</li> <li>— Compression set</li> <li>— Volume and surface resistivity</li> <li>— Insulation resistance</li> <li>— Electric strength</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISO 37</li> <li>ISO 37</li> <li>ISO 48</li> <li>ISO 868</li> <li>ISO 815</li> <li>IEC 93</li> <li>IEC 167</li> <li>IEC 243</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>50%</li> <li>50%</li> <li>Change</li> <li>of 10 units</li> <li>50%</li> <li>10%</li> <li>10%</li> <li>50%</li> </ul>

\* The values given in per cent are expressed as a percentage of the initial value.

TABLEAU II

*Dose absorbée correspondant à l'indice de rayonnement*

Indice de rayonnement	Dose absorbée (Gy) maximale satisfaisant aux critères de point limite
4,0	1,0
4,1	1,3
4,2	1,6
4,3	2,0
4,4	2,5
4,5	3,2
4,6	4,0
4,7	5,0
4,8	6,3
4,9	8,0
5,0	1,0
5,1	1,3
5,2	1,6
:	:
:	:
5,9	8,0
6,0	1,0
6,1	1,3
6,2	1,6
:	:
:	:
6,9	8,0
7,0	1,0
7,1	1,3
7,2	1,6
:	:
:	:
7,9	8,0
8,0	1,0
:	:
:	:
etc.	etc.

} × 10<sup>4</sup>  
} × 10<sup>5</sup>  
} × 10<sup>6</sup>  
} × 10<sup>7</sup>  
} × 10<sup>8</sup>

Pour les qualificatifs de l'indice de rayonnement, voir  
paragraphe 4.2.

