

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
544-1

Deuxième édition
Second edition
1994-04

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

Partie 1:
Interaction des rayonnements et dosimétrie

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

Part 1:
Radiation interaction and dosimetry

© CEI 1994 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

V

*For price, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue*

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application et objet	8
2 Références normatives	8
3 Définitions	8
4 Aspects généraux de l'évaluation de la tenue aux rayonnements des matériaux isolants	10
4.1 Evaluation du champ de rayonnement	10
4.2 Evaluation de la dose absorbée et du débit de dose absorbée	12
4.3 Modifications provoquées par le rayonnement et leur évaluation	12
5 Méthodes de dosimétrie	16
5.1 Généralités	16
5.2 Méthodes absolues	16
5.2.1 Rayonnements gamma	16
5.2.2 Faisceaux d'électrons	18
5.3 Méthodes relatives	20
5.4 Méthodes recommandées pour la mesure de la dose absorbée	20
6 Calcul de la dose absorbée de rayonnement X ou gamma	22
6.1 Généralités	22
6.2 Calcul de la dose absorbée à partir d'une mesure d'exposition	22
6.3 Calcul de la dose absorbée dans un matériau donné à partir de celle absorbée dans un autre matériau	24
6.4 Distribution de dose en profondeur (limites)	24
7 Méthodes d'estimation de la dose d'un rayonnement électronique	26
7.1 Généralités	26
7.2 Méthodes recommandées pour la dosimétrie des faisceaux d'électrons	28
7.3 Irradiation avec un faisceau d'électrons	30
7.4 Méthodes de mesure des distributions de dose en profondeur	30
Tableaux	36
Figures	45
Annexes	
A Epaisseur d'équilibre de particules chargées	50
B Calcul des facteurs numériques f_i	58
C Bibliographie	60

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope and object	9
2 Normative references	9
3 Definitions	9
4 Aspects to be considered in evaluating the radiation resistance of insulating materials	11
4.1 Evaluation of the radiation field	11
4.2 Evaluation of absorbed dose and absorbed dose rate	13
4.3 Radiation-induced changes and their evaluation	13
5 Dosimetry methods	17
5.1 General	17
5.2 Absolute methods	17
5.2.1 Gamma-rays	17
5.2.2 Electron beams	19
5.3 Relative methods	21
5.4 Recommended methods for measuring absorbed dose	21
6 Calculation of absorbed dose from X- or gamma-radiation	23
6.1 General	23
6.2 Calculation of the absorbed dose from a measurement of exposure	23
6.3 Calculation of absorbed dose in one material from that in another	25
6.4 Depth-dose distribution (limitations)	25
7 Dose estimation methods for electron radiation	27
7.1 General	27
7.2 Recommended procedures for electron-beam dosimetry	29
7.3 Electron-beam irradiation	31
7.4 Methods for measuring depth-dose distributions	31
Tables	37
Figures	45
Annexes	
A Charged-particle equilibrium thickness	51
B Derivation of numerical factors f_i	59
C Bibliography	60

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MATÉRIAUX ISOLANTS ÉLECTRIQUES –
DÉTERMINATION DES EFFETS DES RAYONNEMENTS IONISANTS –**

Partie 1: Interaction des rayonnements et dosimétrie

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 544-1 a été établie par le sous-comité 15B: Essais d'endurance, du comité d'études 15 de la CEI: Matériaux isolants.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1977, et constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
15B(BC)91	15B(BC)93

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

La CEI 544 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général: *Matériaux isolants électriques – Détermination des effets des rayonnements ionisants*.

- Partie 1: 1994, Interaction des rayonnements et dosimétrie
- Partie 2: 1991, Méthodes d'irradiation et d'essai
- Partie 4: 1985, Système de classification pour l'utilisation dans un environnement sous rayonnement.

Les annexes A et B font partie intégrante de cette norme.

L'annexe C est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRICAL INSULATING MATERIALS –
DETERMINATION OF THE EFFECTS OF IONIZING RADIATION –
Part 1: Radiation interaction and dosimetry**

FOREWORD

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

International Standard IEC 544-1 has been prepared by sub-committee 15B: Endurance tests, of IEC technical committee 15: Insulating materials.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1977 and constitutes a technical revision.

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

DIS	Report on Voting
15B(CO)91	15B(CO)93

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

IEC 544 consists of the following parts, under the general title: *Electrical insulating materials – Determination of the effects of ionizing radiation*.

- Part 1: 1994, Radiation interaction and dosimetry
- Part 2: 1991, Procedures for irradiation and test
- Part 4: 1985, Classification system for service in radiation environments

Annexes A and B form an integral part of this standard.

Annex C is for information only.

INTRODUCTION

La définition de critères appropriés pour l'évaluation de la tenue aux rayonnements des matériaux isolants est très complexe, car de tels critères dépendent des conditions d'utilisation de ces matériaux. Par exemple, si un câble isolé est plié pendant le rechargement en combustible d'un réacteur, sa durée de vie est la période durant laquelle il reçoit une dose de rayonnement suffisante pour réduire à une valeur spécifiée une ou plusieurs des propriétés mécaniques correspondantes. La température de fonctionnement, la composition de l'atmosphère environnante et le temps pendant lequel la dose totale est reçue (débit de dose ou flux) sont des facteurs importants qui déterminent également la vitesse et les mécanismes des transformations chimiques. Pour certaines applications, les modifications temporaires peuvent constituer le facteur limitatif.

Tout d'abord, il convient de définir les champs de rayonnement auxquels les matériaux sont exposés et la dose de rayonnement qu'ils sont susceptibles d'absorber. Ensuite, il est nécessaire d'établir les méthodes d'essai des propriétés mécaniques et électriques des matériaux, qui permettront de définir les détériorations dues au rayonnement et de relier ces propriétés aux conditions d'utilisation afin de mettre sur pied un système de classification approprié.

Cette première partie de la CEI 544 constitue une introduction à une série de documents consacrés aux effets des rayonnements ionisants sur les matériaux isolants. La partie 2 de la CEI 544 décrit les méthodes utilisées pour maintenir différents types de conditions d'exposition pendant l'irradiation. Elle précise aussi les contrôles qui doivent être effectués sur ces conditions pour obtenir les performances désirées. Enfin, sont définies certaines conditions importantes d'irradiation et sont spécifiées les méthodes d'essai qui sont utilisées pour déterminer les changements de propriétés ainsi que les critères de point limite correspondants. La partie 3 (CEI 544-3: 1979) a été incorporée dans la deuxième édition de la CEI 544-2. La partie 4 de la CEI 544 donne une définition d'un système de classification, catégorie par catégorie, de la tenue des matériaux isolants aux rayonnements. Ce système comporte une série de paramètres caractérisant l'aptitude à l'utilisation sous rayonnement. Il est un guide pour la sélection et le classement des matériaux isolants, et pour les spécifications de matériaux.

INTRODUCTION

The establishment of suitable criteria for the evaluation of the radiation resistance of insulating materials is very complex, since such criteria depend upon the conditions under which the materials are used. For instance, if an insulated cable is to be flexed during a refuelling operation in a reactor, the service life will be that time during which the cable receives a radiation dose sufficient to reduce to a specified value one or more of the relevant mechanical properties. Temperature of operation, composition of the surrounding atmosphere, and the time interval during which the total dose is received (dose rate or flux) are important factors which also determine the rate and mechanisms of chemical changes. In some applications, temporary changes may be the limiting factor.

Firstly, it is necessary to define the radiation fields in which materials are exposed and the radiation dose subsequently absorbed by the material. Secondly, it is necessary to establish procedures for testing the mechanical and electrical properties of materials, which will define the radiation degradation, and link those properties with application requirements in order to provide an appropriate classification system.

This part of IEC 544 is the introductory part in a series dealing with the effect of ionizing radiation on insulating materials. Part 2 of IEC 544 describes procedures for maintaining different types of exposure conditions during the irradiation. It also specifies the controls that shall be maintained over these conditions so that desired performances can be obtained. Further, it defines certain important irradiation conditions and specifies the test procedures to be used for property-change determinations and the corresponding end-point criteria. Part 3 (IEC 544-3: 1979) has been incorporated into the second edition of IEC 544-2. Part 4 of IEC 544 defines a classification system to categorize the radiation endurance of insulating materials. It provides a set of parameters characterizing the suitability for radiation service. It is a guide for the selection and indexing of insulating materials and for material specification.

MATÉRIAUX ISOLANTS ÉLECTRIQUES – DÉTERMINATION DES EFFETS DES RAYONNEMENTS IONISANTS –

Partie 1: Interaction des rayonnements et dosimétrie

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 544 traite de manière générale des aspects à envisager lors de l'évaluation des effets des rayonnements ionisants sur tous les types de matériaux isolants organiques. Elle fournit également pour les rayons X, les rayons γ et les électrons, un guide de terminologie en dosimétrie, des méthodes de détermination de l'exposition et de la dose absorbée, ainsi que des méthodes de calcul de la dose absorbée.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 544. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 544 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 544-2: 1991, *Guide pour la détermination des effets des rayonnements ionisants sur les matériaux isolants – Deuxième partie: Méthodes d'irradiation et d'essai*

CEI 544-4: 1985, *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*

**ELECTRICAL INSULATING MATERIALS –
DETERMINATION OF THE EFFECTS OF IONIZING RADIATION –
Part 1: Radiation interaction and dosimetry**

1 Scope and object

This part of IEC 544 deals broadly with the aspects to be considered in evaluating the effects of ionizing radiation on all types of organic insulating materials. It also provides, for X-rays, γ -rays, and electrons, a guide to dosimetry terminology, methods of determining exposure and absorbed dose, and methods of calculating absorbed dose.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 544. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 544 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 544-2: 1991, *Guide for determining the effects of ionizing radiation on insulating materials – Part 2: Procedures for irradiation and test*

IEC 544-4: 1985, *Guide for determining the effects of ionizing radiation on insulating materials – Part 4: Classification system for service in radiation environments*