

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Dielectric and resistive properties of solid insulating materials –
Part 2-1: Relative permittivity and dissipation factor – Technical frequencies
(0,1 Hz to 10 MHz) – AC methods**

**Propriétés diélectriques et résistives des matériaux isolants solides –
Partie 2-1: Permittivité relative et facteur de dissipation – Fréquences techniques
(0,1 Hz à 10 MHz) – Méthodes en courant alternatif**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.220.99; 29.035.01

ISBN 978-2-8322-5414-1

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

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Method of test	7
4.1 General theory.....	7
4.2 Power supply (voltage)	10
4.3 Equipment	10
4.3.1 Accuracy	10
4.3.2 Choice of measuring methods.....	10
4.3.3 Measurement setup with applied electrodes to the material	11
4.4 Calibration	14
4.5 Test specimen	14
4.5.1 General	14
4.5.2 Recommended dimensions of test specimen and electrode arrangements	15
4.5.3 Manufacturing of test specimen	15
4.5.4 Number of test specimen	15
4.5.5 Conditioning and pre-treatment of test specimen	16
4.6 Procedures for specific materials	16
5 Test procedure	16
5.1 General.....	16
5.2 Calculation of permittivity and relative permittivity.....	16
5.2.1 Relative permittivity	16
5.2.2 The dielectric dissipation factor $\tan \delta$	16
6 Report	16
7 Repeatability and reproducibility	17
Annex A (informative) Basic fundamentals	18
A.1 Error for the effective area in guard ring electrodes – Examples with $d_1 =$ 25 mm, 50 mm or 100 mm and $w = 1$ mm	18
A.2 Computation of edge correction of effective area	19
A.3 Determining H and calculating B	20
Bibliography.....	21
Figure 1 – Dielectric dissipation factor	8
Figure 2 – Equivalent circuit diagrams	9
Figure 3 – Cylindrical electrode with guard ring for plate designed specimen	12
Figure 4 – Specimen with liquid electrodes	13
Figure A.1 – Area error of h in $e\%$ with $\epsilon_r = 1$	18
Figure A.2 – Area error of h in $e\%$ with $\epsilon_r = \infty$	18
Figure A.3 – Error calculation for different ϵ_r and d_1	18
Figure A.4 – Flow chart for the computation of edge correction of effective area	19
Figure A.5 – Factor H versus gap and height	20
Table 1 – Test specimen.....	15

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**DIELECTRIC AND RESISTIVE PROPERTIES
OF SOLID INSULATING MATERIALS –****Part 2-1: Relative permittivity and dissipation factor –
Technical frequencies (0,1 Hz to 10 MHz) – AC methods****FOREWORD**

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

International Standard IEC 62631-2-1 has been prepared by IEC technical committee 112: Evaluation and qualification of electrical insulating materials and systems.

This first edition cancels and replaces the first edition IEC 60250, published in 1969. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) technical frequencies confined to AC methods;
- b) update on measurements on solid dielectric materials.

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

FDIS	Report on voting
112/412/FDIS	112/417/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.

A list of all parts in the IEC 62631 series, published under the general title *Dielectric and resistive properties of solid insulating materials*, can be found on the IEC website.

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

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

$\tan \delta$, also called loss tangent, or dissipation factor is a basic parameter for the quality of insulating materials. The measurement of capacitance and loss angle is a classical method well established in the industry over 100 years.

The dissipation factor ($\tan \delta$) is dependent on several parameters, such as electrode design, material characteristics, environmental issues, moisture, temperature, voltage applied, and highly dependent on frequencies, the accuracy of measuring apparatus and other parameters applied to the measured specimen.

The frequency range is limited, depending on the test cell and electrode design, the dimension of the samples and connection leads. In this standard the parameters for the frequencies applied are therefore limited in the range of very low frequency (VLF) from less than 1 Hz and up to 10 MHz. However, measuring instruments can provide a broader frequency range, whereby the usable and suitable frequency range is limited by the whole test setup.

DIELECTRIC AND RESISTIVE PROPERTIES OF SOLID INSULATING MATERIALS –

Part 2-1: Relative permittivity and dissipation factor – Technical frequencies (0,1 Hz to 10 MHz) – AC methods

1 Scope

This part of IEC 62631 describes test methods for the determination of permittivity and dissipation factor properties of solid insulating materials (AC methods from 0,1 Hz up to 10 MHz).

NOTE This part of the standard mainly considers measuring setups with guard-electrodes.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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, *Standard conditions for use prior to and during the testing of solid electrical insulating materials*

ISO 4593, *Plastics – Film and sheeting – Determination of thickness by mechanical scanning*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	25
INTRODUCTION	27
1 Domaine d'application	28
2 Références normatives	28
3 Termes et définitions	28
4 Méthode d'essai	29
4.1 Théorie générale	29
4.2 Tension d'alimentation (tension)	32
4.3 Appareillage	32
4.3.1 Précision	32
4.3.2 Choix des méthodes de mesure	32
4.3.3 Montage de mesure avec des électrodes appliquées au matériau	33
4.4 Etalonnage	37
4.5 Specimen d'essai	37
4.5.1 Généralités	37
4.5.2 Dimensions recommandées pour les spécimens d'essai et les arrangements d'électrodes	37
4.5.3 Fabrication de spécimens d'essai	38
4.5.4 Nombre de spécimens d'essai	38
4.5.5 Conditionnement et prétraitement du spécimen d'essai	38
4.6 Procédures pour matériaux spécifiques	38
5 Procédure d'essai	39
5.1 Généralités	39
5.2 Calcul de la permittivité et de la permittivité relative	39
5.2.1 Permittivité relative	39
5.2.2 Facteur de dissipation diélectrique $\tan \delta$	39
6 Rapport	39
7 Répétabilité et reproductibilité	40
Annexe A (informative) Principes fondamentaux	41
A.1 Erreur sur la surface effective pour des électrodes de garde en anneau – Exemples avec $d_1 = 25$ mm, 50 mm ou 100 mm et $w = 1$ mm	41
A.2 Calcul de la correction de bord de la surface effective	42
A.3 Détermination de H et calcul de B	43
Bibliographie	44
Figure 1 – Facteur de dissipation diélectrique	30
Figure 2 – Schémas de circuits équivalents	31
Figure 3 – Electrode cylindrique équipée d'un anneau de garde pour un spécimen en forme de plaque	34
Figure 4 – Specimen avec électrodes liquides	35
Figure A.1 – Erreur sur l'aire de h et $e\%$ avec $\epsilon_r = 1$	41
Figure A.2 – Erreur sur l'aire de h et $e\%$ avec $\epsilon_r = \infty$	41
Figure A.3 – Calcul d'erreur pour différents ϵ_r et d_1	41
Figure A.4 – Organigramme de calcul de la correction de bord de la surface effective	42
Figure A.5 – Facteur H en fonction de l'espacement et de la hauteur	43
Tableau 1 – Specimen d'essai	38

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**PROPRIÉTÉS DIÉLECTRIQUES ET RÉSISTIVES
DES MATÉRIAUX ISOLANTS SOLIDES –****Partie 2-1: Permittivité relative et facteur de dissipation – Fréquences
techniques (0,1 Hz à 10 MHz) – Méthodes en courant alternatif****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 d'autre part attirée sur le fait que certains des éléments de la présente publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62631-2-1 a été établie par le comité d'études 112 de l'IEC: Evaluation et qualification des systèmes et matériaux d'isolement électrique.

Cette première édition annule et remplace la première édition de l'IEC 60250, publiée en 1969. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) fréquences techniques réservées aux méthodes en courant alternatif;
- b) mise à jour des mesures appliquées aux matériaux diélectriques solides.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
112/412/FDIS	112/417/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/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62631, publiées sous le titre général *Propriétés diélectriques et résistives des matériaux isolants solides*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

Le paramètre $\tan \delta$, également appelé tangente des pertes ou facteur de dissipation est un paramètre fondamental pour la qualité des matériaux isolants. La mesure de la capacité et de l'angle de perte est une méthode classique bien établie dans l'industrie depuis plus de cent ans.

Le facteur de dissipation ($\tan \delta$) dépend fortement des fréquences, de la précision des appareils de mesure et d'autres paramètres appliqués au spécimen mesuré, et, dans une moindre mesure, de paramètres tels que la conception des électrodes, les caractéristiques des matériaux, les problèmes liés à l'environnement, l'humidité, la température et la tension appliquée.

La plage de fréquences est limitée par la conception des électrodes et des cellules d'essai et par les dimensions des échantillons et des fils de connexion. Dans la présente norme, les paramètres des fréquences appliquées sont donc limités dans la plage des très basses fréquences (TBF) allant de moins de 1 Hz à 10 MHz. Toutefois, la plage de fréquences des instruments de mesure peut être plus large, et la plage de fréquences utilisable et appropriée est limitée par le montage d'essai dans son ensemble.

PROPRIÉTÉS DIÉLECTRIQUES ET RÉSISTIVES DES MATÉRIAUX ISOLANTS SOLIDES –

Partie 2-1: Permittivité relative et facteur de dissipation – Fréquences techniques (0,1 Hz à 10 MHz) – Méthodes en courant alternatif

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62631-2-1 décrit des méthodes d'essai pour déterminer les propriétés de la permittivité et du facteur de dissipation de matériaux isolants solides (méthodes en courant alternatif de 0,1 Hz à 10 MHz).

NOTE La présente partie de la norme traite principalement des montages de mesure avec des électrodes de garde.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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, *Conditions normales à observer avant et pendant les essais de matériaux isolants électriques solides*

ISO 4593, *Plastiques – Film et feuille – Détermination de l'épaisseur par examen mécanique*