

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC**

60664-4

Première édition
First edition
1997-09

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ
BASIC SAFETY PUBLICATION

**Coordination de l'isolement des matériels
dans les systèmes (réseaux) à basse tension –**

**Partie 4:
Considérations sur les contraintes de tension
à hautes fréquences –**

**Insulation coordination for equipment
within low-voltage systems –**

**Part 4:
Considerations of high-frequency voltage stress –**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60664-4: 1997

Numéros des publications

Les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000 dès le 1er janvier 1997.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant des 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 ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Accès en ligne*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Accès en ligne)*

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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*.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

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

Numbering

As from 1st 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 revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
On-line access*
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line access)*

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*.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

* See web site address on title page.

RAPPORT
TECHNIQUE – TYPE 3

CEI
IEC

TECHNICAL
REPORT – TYPE 3

60664-4

Première édition
First edition
1997-09

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ
BASIC SAFETY PUBLICATION

**Coordination de l'isolement des matériels
dans les systèmes (réseaux) à basse tension –**

**Partie 4:
Considérations sur les contraintes de tension
à hautes fréquences –**

**Insulation coordination for equipment
within low-voltage systems –**

**Part 4:
Considerations of high-frequency voltage stress –**

© IEC 1997 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
IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

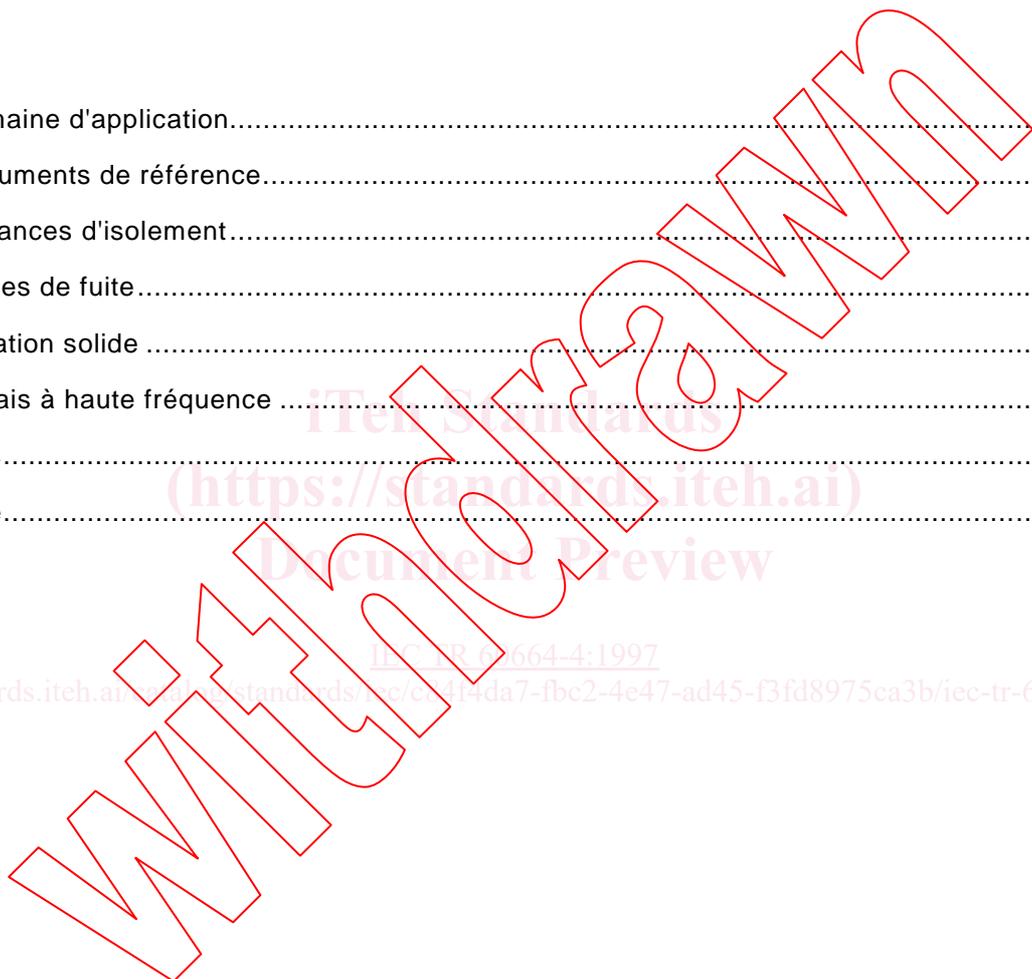
CODE PRIX
PRICE CODE

U

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
Articles	
1 Domaine d'application.....	10
2 Documents de référence.....	10
3 Distances d'isolement.....	10
4 Lignes de fuite.....	14
5 Isolation solide	14
6 Essais à haute fréquence	18
Figures.....	22
Annexe.....	58



ITeK Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
Clause	
1 Scope.....	11
2 Reference documents.....	11
3 Clearances.....	11
4 Creepage distances.....	15
5 Solid insulation.....	15
6 High-frequency testing.....	19
Figures.....	23
Annex	59

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COORDINATION DE L'ISOLEMENT DES MATÉRIELS DANS LES SYSTÈMES (RÉSEAUX) À BASSE TENSION –

Partie 4: Considérations sur les contraintes de tension à hautes fréquences –

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 concernant les questions techniques, représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels 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 correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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 tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaborer des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité d'études a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

Les rapports techniques des types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques du type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données qu'ils contiennent ne soient plus jugées valables ou utiles.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INSULATION COORDINATION OF EQUIPMENT WITHIN
LOW-VOLTAGE SYSTEMS –****Part 4: Consideration of high-frequency voltage stress –**

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 co-operation 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 express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are 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.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical report of one of the following types:

- type 1, when the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts;
- type 2, when the subject is still under technical development or where for any other reason there is the future but no immediate possibility of an agreement on an International Standard;
- type 3, when a technical committee has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

Technical reports of types 1 and 2 are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards. Technical reports of type 3 do not necessarily have to be reviewed until the data they provide are considered to be no longer valid or useful.

La CEI 60664-4, rapport technique de type 3, a été établie par le comité d'études 28 de la CEI: Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension.

Elle a le statut d'une publication fondamentale de sécurité conformément au Guide CEI 104.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet de comité	Rapport de vote
28A(SEC)93	28A/114/RVC

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



iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/c/41f7da7-fbc2-4e47-ad45-f3fd8975ca3b/iec-tr-60664-4-1997>

IEC 60664-4, which is a technical report of type 3, has been prepared by IEC technical committee 28: Insulation coordination for equipment within low-voltage systems.

It has the status of a basic safety publication in accordance with IEC Guide 104.

The text of this technical report is based on the following documents:

Committee draft	Report on voting
28A(SEC)93	28A/114/RVC

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

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sic/c84f7da7-fbc2-4e47-ad45-f3fd8975ca3b/iec-tr-60664-4-1997>

INTRODUCTION

Des contraintes électriques élevées apparaissent dans les matériels à haute tension. La fréquence est généralement de 50/60 Hz, mais dans certaines applications des fréquences légèrement plus élevées (400 Hz) ou plus basses ($16 \frac{2}{3}$ Hz,) ou continues peuvent apparaître. Une situation particulière peut apparaître dans les transmetteurs de radiofréquences de haute puissance. Le développement de tels matériels a été à l'origine de la motivation de recherches sur la capacité de tenue de l'isolation pour les radiofréquences. Depuis ce temps, l'aspect des contraintes de tension à hautes fréquences n'a pas été étudié.

Actuellement, les tensions de fonctionnement à hautes fréquences dépassant 100 kHz sont souvent utilisées dans des matériels à basse tension. On peut s'attendre à ce que le domaine du MHz soit atteint dans le futur. Des petites dimensions sont nécessaires pour la miniaturisation et pour une fiabilité élevée, par exemple pour les transformateurs HF dans lesquels une contrainte très élevée existe plus particulièrement pour l'isolation solide.

Comme les distances sont appelées à diminuer et les fréquences à augmenter dans la même période, la situation s'aggravera dans le futur. C'est pourquoi, en tenant compte de la sécurité du personnel et de la fiabilité du matériel, les contraintes dues aux hautes fréquences jusqu'à 1 MHz doivent être considérées dans la coordination de l'isolement des matériels à basse tension (voir la note 2 du domaine d'application de la CEI 60664-1).

Ce rapport résume les données disponibles les plus importantes concernant les contraintes à hautes fréquences sur l'isolement et précise comment les matériaux et leurs dimensions peuvent être influencés. Ce rapport décrit aussi la manière dont les essais peuvent être réalisés en tenant compte de ces contraintes.

(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

IEC TR 60664-4:1997

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/c41/fda7-fbc2-4e47-ad45-f3fd8975ca3b/iec-tr-60664-4-1997>

INTRODUCTION

High electrical stress occurs in high-voltage equipment. The frequency is usually 50/60 Hz, but in some applications a higher frequency (400 Hz) or a lower frequency (16 2/3 Hz) or d.c. may occur. A particular situation may exist in high-power RF transmitters. The development of such equipment had motivated earlier research on the withstand capability of insulation at radio frequencies. Since that time, the aspect of high-frequency voltage stress has not been pursued.

At present, high-frequency working voltages with frequencies exceeding 100 kHz are often used in low-voltage equipment. It can also be expected that frequencies in the MHz range will be reached in the future. Small dimensions are necessary for miniaturization and for high efficiency, for instance in HF transformers so that a very high stress exists, especially on solid insulation.

As dimensions are likely to decrease further and frequencies increase, this situation will be aggravated in the future. Therefore, with respect to safety of personnel and reliability of equipment, the stress due to high frequencies up to 1 MHz will have to be considered for insulation coordination of low-voltage equipment (see note 2 to the scope of IEC 60664-1).

This report summarizes the most important available data concerning high-frequency stress of insulation, and identifies how materials and their dimensions may be influenced. This report also describes how tests may be performed with respect to this stress.

ITEH Standards

(<https://standards.iteh.ai>)

Document Preview

IEC TR 60664-4:1997

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/c41/da7-fbc2-4e47-ad45-f3fd8975ca3b/iec-tr-60664-4-1997>

WITNESS

COORDINATION DE L'ISOLEMENT DES MATÉRIELS DANS LES SYSTÈMES (RÉSEAUX) À BASSE TENSION –

Partie 4: Considérations sur les contraintes de tension à hautes fréquences –

1 Domaine d'application

Ce rapport traite de l'isolation soumise à des contraintes de tension à hautes fréquences dans les matériels à basse tension. Des tensions permanentes jusqu'à des fréquences de 100 MHz sont considérées.

NOTE – Les contraintes à hautes fréquences dues à des surtensions transitoires ne sont pas considérées.

2 Documents de référence

CEI 60112:1979, *Méthode pour déterminer les indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides dans des conditions humides*

CEI 60664-1:1992, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, prescriptions et essais*

Guide 104 de la CEI: 1997, *Elaboration des publications de sécurité et utilisation des publications de sécurité et utilisation des publications fondamentales de sécurité et publications groupées de sécurité*

3 Distances d'isolement

Le claquage des distances d'isolement apparaît habituellement en moins d'une fraction de microseconde. En tenant compte de cette échelle de temps, une tension alternative à sa fréquence de fonctionnement possède une amplitude essentiellement constante. Par exemple à 50 Hz, l'amplitude reste en deçà de 99 % de sa valeur de crête pendant 1 ms. C'est pourquoi, pendant l'évolution menant au claquage, c'est la valeur de crête de la tension qui est appliquée. Ceci résulte normalement de valeurs identiques de tension alternative (crête) et continue (claquage).

A des fréquences plus élevées, une réduction de la valeur de sa tension de crête et aussi un renversement de sa polarité doivent être pris en compte pendant le claquage. Cet effet augmentera la tension de claquage.

Jusqu'alors, l'effet des ions (généralement positifs) générés au début du claquage n'a pas été considéré. Ces ions sont générés à la crête de la sinusoïde et, normalement, ils ont généralement assez de temps pour transiter vers les électrodes pendant la partie restante de la demi-sinusoïde. Cependant, il se peut que la polarité s'inverse pour des distances d'isolement élevées ou à hautes fréquences, avant que les ions aient pu être éliminés de la distance d'isolement. Ceci se traduira par une distorsion du champ électrostatique et réduira la tension de claquage. La vitesse moyenne de tels ions est environ de 6×10^2 m/s [1]*. A 50 Hz, l'intervalle de temps compris entre la crête et le passage à zéro de la sinusoïde étant de 5 ms, les ions parcourent environ 300 cm pendant ce temps. C'est pourquoi, aux fréquences de travail, ce problème n'apparaît que pour des distances d'isolement élevées. Cependant, si la fréquence est augmentée dans la zone du kHz, ce phénomène se produit aussi pour des distances d'isolement faibles.

* Les chiffres entre crochets se rapportent à l'annexe A (Bibliographie).

INSULATION COORDINATION OF EQUIPMENT WITHIN LOW-VOLTAGE SYSTEMS –

Part 4: Consideration of high-frequency voltage stress –

1 Scope

This report deals with insulation subjected to high-frequency voltage stress within low-voltage equipment. Steady-state voltages with frequencies up to 100 MHz are considered.

NOTE – High-frequency stress due to transient voltages is not considered.

2 Reference documents

IEC 60112:1979, *Method for determining the comparative and the proof tracking indices of solid insulating materials under moist conditions*

IEC 60664-1:1992, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC guide 104: 1997, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

3 Clearances

Breakdown of clearances usually occurs in less than one submicrosecond. With respect to that time scale, an a.c. voltage of power frequency has an essentially constant amplitude. For instance at 50 Hz, the amplitude remains within 99 % of its peak value for 1 ms. Therefore, during the development leading to breakdown, the peak value of the voltage is effective. This normally results in identical a.c. (peak) and d.c. breakdown voltages.

At much higher frequencies, a reduction of the voltage from its peak value and even polarity reversal have to be taken into account during the development of breakdown. This effect will result in an increase of the breakdown voltage.

Up to now, the effect of the ions (which are usually positive) which are generated during inception of breakdown has not been considered. These ions are generated at the crest of the sine-wave and there is usually enough time for them to travel to the electrodes during the remaining part of that halfwave. However, in large clearances or at high frequency, the polarity may be reversed before the ions have been extracted from the clearance. This will result in a distortion of the electrostatic field and will reduce the breakdown voltage. The average velocity of the ions is approximately 6×10^2 m/s [1]*. At 50 Hz, the time interval between the crest and the zero crossing of the sine-wave is 5 ms, resulting in the ions moving approximately 300 cm. Therefore, at power frequency, this aspect will only be relevant for very large clearances. However, if the frequency is increased to the kHz range, this phenomenon will also be relevant for small clearances.

* The figures in square brackets refer to annex A (Bibliography)

La superposition de ces deux effets a pour résultat des courbes typiques présentant une tension minimale de claquage pour une certaine fréquence. Pour des distances d'isolement dans des champs de distribution homogènes ou approximativement homogènes montrés dans les figures 1 et 2 [2]. A 25 MHz, une tension de claquage proche de celle à 50 Hz est obtenue. La figure 2 montre très clairement que la distance d'isolement est un paramètre très important tenant compte de ce comportement.

En raison des fréquences actuellement utilisées, la gamme de la diminution initiale de la tension de claquage avec l'augmentation de la fréquence est du plus grand intérêt. Cette gamme de fréquences jusqu'à plusieurs MHz est décrite en détail ci-après.

Comme le montre la figure 3 [3], pour des distances d'isolement faibles dans l'azote sous pression atmosphérique, lequel a une tension de claquage comparable à celle de l'air, la réduction de la tension de claquage peut être de 10 % seulement. Cependant, pour des fréquences dépassant 1 MHz, cette réduction devient effective pour des distances d'isolement inférieures à 0,5 mm. Pour des distances d'isolement plus élevées, une plus grande réduction de la tension de claquage est observée, ce qui est montré en figure 4 [4].

En conclusion, en conditions homogènes ou approximativement homogènes, la réduction maximale de la tension de claquage est environ de 20 %. La fréquence critique à laquelle la réduction de la tension de claquage apparaît est approximativement:

$$f_{\text{crit}} \approx 0,7/d$$

où

f_{crit} est la fréquence critique à laquelle la réduction de la tension de claquage apparaît, en mégahertz;

d est la distance d'isolement, en millimètres.

Les caractéristiques d'isolation des distances d'isolement homogènes ou approximativement homogènes dans l'air sous pression atmosphérique en tenant compte de la fréquence peuvent être synthétisées par les indications suivantes.

– Au-dessus de f_{crit} , la tension de claquage diminue avec l'augmentation de la fréquence. La réduction de la tension de claquage peut atteindre 20 %.

– La tension de claquage atteint un minimum à des fréquences comprises entre 1 MHz et 5 MHz. A des fréquences plus élevées, la tension de claquage devient plus élevée et peut dépasser la valeur mesurée à la fréquence de travail.

Pour des champs non homogènes, f_{crit} est obtenue approximativement selon la formule ci-dessus. Au-dessus de f_{crit} , l'influence de la fréquence sur la tension de claquage est beaucoup plus significative. Cela peut être constaté sur la figure 5 [5] pour des distances d'isolement comparables assez grandes et en un point de l'électrode à 30° en combinaison avec une électrode plane de 15 cm de diamètre. La réduction de la tension de claquage vis-à-vis de sa valeur à 50 Hz peut être supérieure de 50 %. Les résultats sont fortement influencés par la configuration des électrodes. Les tensions de claquage les plus faibles sont mesurées avec l'électrode plane mise à la terre. En général, il est essentiel d'avoir une distribution du champ approximativement homogène pour les contraintes de tension à hautes fréquences.