COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RAPPORT DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC REPORT

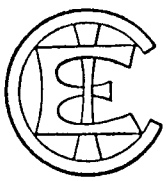
Publication 664

Première édition – First edition

1980

Coordination de l'isolement dans les systèmes (réseaux) à basse tension y compris les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite des matériels

Insulation co-ordination within low-voltage systems including clearances and creepage distances for equipment



Droits de reproduction réservés – Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé

Genève, Suisse

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Rapport d'activité de la CEI**
  Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
  Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du V.E.I., soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, symboles littéraux et signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 117 de la CEI: Symboles graphiques recommandés.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 117 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Autres publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision 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 on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **Report on IEC Activities**
  Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
  Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the I.E.V. or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 117: Recommended graphical symbols.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 117, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

C.D.U./U.D.C.: 621.315.61.015.5.008.03 621.316.91.048.027.2.001.2.001.4(083.71)

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RAPPORT DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC REPORT

Publication 664

Première édition – First edition

1980

Coordination de l'isolement dans les systèmes (réseaux) à basse tension y compris les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite des matériels

Insulation co-ordination within low-voltage systems including clearances and creepage distances for equipment

Mots clés: matériaux isolants; tenue électrique; coordination de l'isolement à basse tension; exigences; essais; définitions.

Key words: insulating materials; electric strength; low-voltage insulation co-ordination; requirements; testing; definitions.

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

1, rue de Varembé

Genève, Suisse

Prix Price Fr. s. **62.–**

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

SOMMAIRE

Pages

PRÉAMBULE 4

PRÉFACE 4

INTRODUCTION 6

SECTION UN – GÉNÉRALITÉS ET DÉFINITIONS

Articles

1. Domaine d'application 8
2. Objet 8
3. Définitions 8

SECTION DEUX – COORDINATION DE L'ISOLEMENT

4. Principes de base de la coordination de l'isolement 14

SECTION TROIS – DISTANCES D'ISOLEMENT DANS L'AIR

5. Facteurs d'influence 22
6. Description des facteurs fondamentaux d'influence pour les distances d'isolement 24
7. Description des autres facteurs pouvant influer sur une distance d'isolement 28
8. Essais diélectriques 32

SECTION QUATRE – LIGNES DE FUITE

(A l'étude)

ANNEXE A – Facteurs de correction pour l'altitude 36

ANNEXE B – Moyens de contrôle des surtensions transitoires (parafoudres) 48

NOTE EXPLICATIVE – Guide d'application pour les distances d'isolement et la coordination de l'isolement fondée sur les distances d'isolement 50

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

CONTENTS

Page

FOREWORD 5

PREFACE 5

INTRODUCTION 7

SECTION ONE – GENERAL AND DEFINITIONS

Clause

1. Scope 9
2. Object 9
3. Definitions 9

SECTION TWO – INSULATION CO-ORDINATION

4. Basic principles of insulation co-ordination 15

SECTION THREE – CLEARANCES IN AIR

5. Influencing factors 23
6. Description of the fundamental factors influencing clearance 25
7. Description of the other factors which may influence a clearance 29
8. Dielectric tests 33

SECTION FOUR – CREEPAGE DISTANCES

(Under consideration)

APPENDIX A – Altitude correction factors 37

APPENDIX B – Transient overvoltage control means (surge arrester devices) 49

EXPLANATORY NOTE – Application guide for clearances and insulation co-ordination based on clearance 51

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COORDINATION DE L'ISOLEMENT DANS LES SYSTÈMES (RÉSEAUX) À BASSE TENSION Y COMPRIS LES DISTANCES D'ISOLEMENT DANS L'AIR ET LES LIGNES DE FUITE DES MATÉRIELS

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

Le présent rapport a été établi par le Sous-Comité 28A: Coordination de l'isolement pour le matériel à basse tension, du Comité d'Etudes N° 28 de la CEI: Coordination de l'isolement.

Ce rapport introduit un nouveau principe de la coordination de l'isolement dans les systèmes (réseaux) à basse tension fondé sur une série de niveaux normalisés de tension de tenue aux chocs. Il montre également les nouveaux aspects du dimensionnement des distances d'isolement. D'autre part, il est encore incomplet dans le cadre du dimensionnement des matériels, car la section «Lignes de fuite» est encore à l'étude.

L'information donnée dans ce rapport est fondée sur le document 28A(Bureau Central)5 qui fut soumis à l'approbation des Comité nationaux suivant la Règle des Six Mois, en novembre 1977. Seize pays ont voté pour l'approbation, huit pays ont voté contre.

Ce rapport est destiné à servir de guide aux Comités d'Etudes et non à des bureaux d'études particuliers.

Les Comités nationaux des pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')	Egypte	Japon
Allemagne	Etats-Unis d'Amérique	Pays-Bas
Australie	Finlande	Roumanie
Autriche	Indonésie	Royaume-Uni
Belgique	Israël	Suède
Canada	Italie	Turquie
Danemark		

Autres publications de la CEI citées dans le présent rapport:

Publications n^{os}
- 60: Essais à haute tension.
- 71-1: Coordination de l'isolement, Première partie: Termes, définitions, principes et règles.
- 99-1: Parafoudres, Première partie: Parafoudres à résistance variable pour réseaux à courant alternatif.
- 335-1: Sécurité des appareils électrodomestiques et analogues, Première partie: Règles générales.
- 536: Classification des matériels électriques et électroniques en ce qui concerne la protection contre les chocs électriques.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INSULATION CO-ORDINATION WITHIN LOW-VOLTAGE SYSTEMS INCLUDING CLEARANCES AND CREEPAGE DISTANCES FOR EQUIPMENT

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

PREFACE

This report has been prepared by Sub-Committee 28A: Insulation Co-ordination for Low-voltage Equipment of IEC Technical Committee No. 28: Insulation Co-ordination.

This report introduces a new principle of insulation co-ordination in low-voltage systems on the basis of a series of standardized impulse withstand voltage levels. It also shows new aspects in dimensioning clearances. On the other hand, it is not yet complete for the purpose of dimensioning equipment, because the section "Creepage distances" is still under consideration.

The information given in this report is based on Document 28A(Central Office)5 which was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in November 1977. Sixteen countries voted for approval, eight countries voted against.

This report is intended to serve as a guide to Technical Committees but not to individual designers.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Germany	South Africa (Republic of)
Austria	Indonesia	Sweden
Belgium	Israel	Turkey
Canada	Italy	United Kingdom
Denmark	Japan	United States of America
Egypt	Netherlands	
Finland	Romania	

Other IEC publications quoted in this report:

Publications Nos. 60: High Voltage Test Techniques.
71-1: Insulation Co-ordination, Part 1: Terms, Definitions, Principles and Rules.
99-1: Lightning Arresters, Part 1: Non-linear Resistor Type Arresters for A.C. Systems.
335-1: Safety of Household and Similar Electrical Appliances, Part 1: General Requirements.
536: Classification of Electrical and Electronic Equipment with Regard to Protection against Electric Shock.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

COORDINATION DE L'ISOLEMENT DANS LES SYSTÈMES (RÉSEAUX) À BASSE TENSION Y COMPRIS LES DISTANCES D'ISOLEMENT DANS L'AIR ET LES LIGNES DE FUITE DES MATÉRIELS

INTRODUCTION

Le présent rapport propose une méthode pour la coordination de l'isolement basée sur les distances d'isolement et donne un guide aux Comités d'Etudes pour le dimensionnement des distances d'isolement. Le dimensionnement des lignes de fuite fera l'objet d'une publication ultérieure (à l'étude).

Bien que ce rapport soit destiné aux Comité d'Etudes de la CEI, il sera également utile comme guide pour les personnes (bureaux d'études) concernées par le développement de produits pour lesquels les normes actuelles ne traitent pas, de façon adéquate, de la coordination de l'isolement ou lorsque les normes sont inexistantes.

La coordination de l'isolement ne peut être réalisée que si les surtensions transitoires sont contrôlées à des niveaux définis. Il existe de nombreux moyens de contrôle des surtensions. En plus des dispositifs spécialement conçus à cet effet, de nombreuses distances d'isolement existantes servent en fait de moyen de limitation de la tension par amorçage sans apparition d'un courant de défaut important, lorsque l'énergie de la surtension transitoire est trop faible pour ioniser suffisamment l'intervalle et provoquer un courant de défaut. Lors de la rédaction de ce rapport, on a supposé que de tels moyens existaient sur le système (réseau) et que, par conséquent, les dispositifs de contrôle des surtensions servaient de base aux valeurs normalisées des tensions de tenue aux chocs. Il est donc absolument essentiel, pour la coordination de l'isolement, que soient établis des niveaux normalisés de tension de choc.

Ce rapport comporte des différences importantes en comparaison de ce qui était pratiqué jusqu'alors, mais il faut insister sur le fait qu'il repose sur des données fondamentales. Des recherches approfondies furent effectuées sur les tensions de claquage entre électrodes. Un examen des données de recherche est présenté dans l'annexe A, sous une forme abrégée, afin de faciliter la compréhension des données.

L'attention est attirée sur le fait que les bases physiques concernant les décisions à prendre au sujet des distances d'isolement diffèrent fondamentalement de celles qui conduisent aux valeurs à adopter pour les lignes de fuite qui n'ont donc pas à être traitées de la même façon. En général, à la différence des distances d'isolement, les lignes de fuite sont liées aux tensions locales et non aux tensions transitoires. La nature des matériaux isolants et plus particulièrement leur comportement en présence de pollution nécessitent d'autres études. L'influence des nervures et des rainures existant dans le matériau isolant constitue un autre facteur à prendre en considération pour l'étude des lignes de fuite. On est en train de réunir des références sur le comportement des matériaux isolants dans les conditions mentionnées ci-dessus.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

INSULATION CO-ORDINATION WITHIN LOW-VOLTAGE SYSTEMS INCLUDING CLEARANCES AND CREEPAGE DISTANCES FOR EQUIPMENT

INTRODUCTION

This report proposes a method of insulation co-ordination based on clearances and gives guidance to Technical Committees for dimensioning of clearances. Dimensioning of creepage distances will follow in a future publication (under consideration).

Although the report is addressed to Technical Committees of the IEC, it will also be useful as a guide to those concerned with development of products for which present standards do not deal adequately, with insulation co-ordination, or when standards are non-existant.

Insulation co-ordination can only be achieved if transient overvoltages are controlled to specified levels. Overvoltages can be controlled in many ways. In addition to the special devices for this purpose many of the existing clearances actually serve as voltage limiting means by flashing over without consequential fault current, when the energy in the transient overvoltage surge is too low to ionize the gap sufficiently to initiate a fault current. In drafting this report it was assumed that such means exist in the system, and therefore overvoltage controlled systems are the basis for the standardized values of impulse withstand voltages. For the purpose of insulation co-ordination it is therefore absolutely essential to establish standardized impulse voltage levels.

The report represents significant deviations from past practice, but it is emphasized that it is based on fundamental data. Fundamental research in the field of breakdown voltage between electrodes was carried out. A review of the research data is presented in Appendix A in brief form in order to facilitate understanding of the data.

Attention is drawn to the fact that the physical basis for decision on values for clearances is basically different from that leading to values of creepage distances, and they should not be treated alike. In general, unlike clearances, creepage distances are related to working voltages and not to transient voltages. The nature of insulation materials, particularly their behaviour in the presence of pollution, requires further consideration. Another factor in consideration of creepage distances is the influence of ribs and grooves in the insulation material. Reference material is being accumulated on the behaviour of insulation materials under the above conditions.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

SECTION UN – GÉNÉRALITÉS ET DÉFINITIONS

1. Domaine d'application

Le présent rapport traite de la coordination de l'isolement dans les installations à basse tension y compris les distances d'isolement et les lignes de fuite des matériels, de tension assignée ne dépassant pas 1 200 V en courant continu ou 1 000 V en courant alternatif, de fréquences assignées ne dépassant pas 30 kHz et pour des altitudes ne dépassant pas 2 000 m.

Les distances minimales d'isolement indiquées dans ce rapport ne s'appliquent pas en présence de gaz ionisés (par exemple flammes ou arcs). Les prescriptions particulières dans de telles conditions peuvent être spécifiées par les Comités d'Etudes appropriés, comme ils l'entendent.

Ce rapport ne traite pas explicitement des distances à travers les isolations solides ou liquides, les gaz autres que l'air et les gaz comprimés. Cependant, il est recommandé de dimensionner toute isolation solide de telle sorte qu'une distance d'isolement amorce pour une valeur de tension suffisamment faible afin de ne pas entraîner de détérioration sur l'isolation solide.

Notes 1. – Les valeurs nominales de 1 000 V en courant alternatif et 1 200 V en courant continu sont les limites traditionnelles de la CEI pour les matériels à basse tension et ne représentent que la limitation officielle du domaine d'application. Il peut exister des tensions de valeur plus élevée dans les circuits internes des materiels*.

2. – L'altitude de 2 000 m est la plus haute altitude traditionnelle pour les matériels à basse tension couverts par les normes de la CEI. Les prescriptions pour les altitudes dépassant 2 000 m peuvent être déduites de l'annexe A.

2. Objet

L'objet du présent rapport est de guider les Comités d'Etudes qui doivent spécifier les distances d'isolement et les lignes de fuite des matériels à basse tension, de manière à rendre possible la coordination de l'isolement dans les installations et de rationaliser la coordination entre différents appareils utilisés dans des conditions identiques ou différentes.

Il fournit également les données nécessaires pour guider les Comités d'Etudes qui ont à spécifier l'isolation interne.

3. Définitions

Les définitions suivantes ont été adoptées dans le cadre du présent rapport.

3.1 *Distance d'isolement dans l'air (distance d'isolement)*

Distance la plus courte dans l'air entre deux parties conductrices.

Note. – Afin de déterminer une distance d'isolement entre parties accessibles, la surface accessible d'une enveloppe isolante doit être considérée comme conductrice, comme si elle était recouverte par une feuille métallique, à tout endroit où elle peut être touchée par une main ou par un doigt d'épreuve normalisé conformément à la Publication 335-1 de la CEI: Sécurité des appareils électrodomestiques et analogues, Première partie: Règles générales.

3.2 *Ligne de fuite*

Distance la plus courte à la surface d'un matériau isolant entre deux parties conductrices.

Note. – Afin de déterminer une ligne de fuite entre parties accessibles, la surface accessible d'une enveloppe isolante doit être considérée comme conductrice, comme si elle était recouverte par une feuille métallique, à tout endroit où elle peut être touchée par une main ou par un doigt d'épreuve normalisé conformément à la Publication 335-1 de la CEI.

---

* Toutefois, l'attention est attirée sur le fait que le Comité d'Etudes n° 64, le Sous-Comité 17B et le Sous-Comité 17D considèrent que 1 500 V en courant continu est la limite supérieure de la plage basse tension.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

SECTION ONE – GENERAL AND DEFINITIONS

1. Scope

This report deals with the co-ordination of insulation in low-voltage installations including clearances and creepage distances for equipment, bearing a rated voltage up to 1 200 V d.c. or up to 1 000 V a.c. with rated frequencies up to 30 kHz and for use up to 2 000 m above sea level.

The minimum clearances indicated in this report do not apply where ionized gases (e.g. flames or arcs) occur. Special requirements for such situations may be specified at the discretion of the relevant Technical Committee.

This report does not deal explicitly with distances through solid or liquid insulation, with gases other than air or with compressed gases. However, it is recommended that any solid insulation be so dimensioned that a clearance will flash over at a value of voltage so low that no damage will be done to the solid insulation.

Notes 1. – The rated voltages 1 000 V a.c. and 1 200 V d.c. are traditional IEC limits for low-voltage equipment and only represent the formal limitation of the scope. Higher voltages may exist in circuits internal to the equipment.*

2. – The altitude of 2 000 m above sea level is the traditional highest altitude for low-voltage equipment covered by IEC standards. Requirements for altitudes exceeding 2 000 m can be derived from Appendix A.

2. Object

It is the object of this report to guide the Technical Committees that have to specify creepage distances and clearances in air for low-voltage equipment in such a manner that insulation co-ordination in the installation becomes possible, and that co-ordination between different apparatus used in the same or different situation is rationalized.

It also provides the data necessary to give guidance to Technical Committees to specify internal insulation.

3. Definitions

The following definitions have been adopted for the purpose of this report.

3.1 *Clearance*

The shortest distance in air between two conductive parts.

Note. – For the purpose of determining a clearance to accessible parts, the accessible surface of an insulating enclosure shall be considered conductive as if it was covered by a metal foil wherever it can be touched by a hand or a standard test finger according to IEC Publication 335-1. Safety of Household and Similar Electrical Appliances, Part 1: General Requirements.

3.2 *Creepage distance*

The shortest distance along the surface of an insulating material between two conductive parts.

Note. – For the purpose of determining a creepage distance to accessible parts, the accessible surface of an insulating enclosure shall be considered conductive as if it was covered by a metal foil wherever it can be touched by a hand or a test finger according to IEC Publication 335-1.

---

* Attention is however drawn to the fact that Technical Committee No. 64, Sub-Committee 17B and Sub-Committee 17D consider 1 500 V d.c. as the upper limit of the low-voltage range.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

3.3 *Tension assignée*

Valeur de la tension fixée par le constructeur à un composant, à un dispositif ou à un matériel, à laquelle on se réfère pour le fonctionnement et pour les caractéristiques fonctionnelles.

Note. – Certains types de matériels peuvent avoir plus d'une tension assignée ou avoir une plage de tensions assignées.

3.4 *Tension assignée d'isolement*

Tension d'un composant, d'un dispositif ou d'un matériel, à laquelle on se réfère pour les essais diélectriques et pour les lignes de fuite.

Notes 1. – Il est recommandé aux Comités d'Etudes de spécifier une série de tensions assignées d'isolement pour les matériels dont ils s'occupent.

2. – Pour les matériels qui n'ont pas de tension assignée d'isolement spécifiée, la valeur la plus élevée d'une tension assignée quelconque doit être considérée comme tension assignée d'isolement.

3.5 *Tension assignée de tenue aux chocs*

Valeur de crête d'une tension de choc, de forme et de polarité prescrites, que le matériel est susceptible de supporter sans claquage, dans des conditions d'essai spécifiées, et à laquelle on se réfère pour la valeur des distances d'isolement.

Notes 1. – Les valeurs préférentielles de la tension assignée de tenue aux chocs sont celles indiquées au tableau I.

2. – Il est recommandé aux Comités d'Etudes de spécifier une série de tensions assignées de tenue aux chocs pour les matériels dont ils s'occupent.

3.6 *Niveau assigné d'isolement*

Valeurs de la tension assignée d'isolement et de la tension assignée de tenue aux chocs qui caractérisent l'isolement d'un matériel en ce qui concerne son aptitude à supporter les contraintes diélectriques.

3.7 *Tension locale («Working voltage»)*

Valeur efficace la plus élevée de la tension en courant alternatif ou valeur la plus élevée de la tension en courant continu qui peut apparaître (localement) à travers n'importe quelle isolation à la tension assignée d'alimentation, les surtensions transitoires étant négligées, en circuit ouvert ou dans les conditions normales de fonctionnement.

3.8 *Surtension momentanée*

Surtension entre phase et terre, entre phase et neutre, ou entre phases, en un point donné et d'une durée relativement longue (plusieurs secondes).

3.9 *Surtension transitoire*

Au sens du présent rapport, les surtensions transitoires sont les suivantes:

3.9.1 *Surtension de manœuvre*

Surtension transitoire apparaissant en un point donné d'un système (réseau) et engendrée par une manœuvre ou un défaut.

3.9.2 *Surtension de foudre*

Surtension transitoire apparaissant en un point donné d'un système (réseau) et engendrée par une décharge atmosphérique (voir également les Publications 60 de la CEI: Essais à haute tension, et 71-1 de la CEI: Coordination de l'isolement, Première partie: Termes, définitions, principes et règles).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

3.3 *Rated voltage*

The value of voltage, assigned by the manufacturer to a component, device or equipment, to which operation and performance characteristics are referred.

Note. – Certain types of equipment may have more than one rated voltage or may have a rated voltage range.

3.4 *Rated insulation voltage*

The voltage of a component, device or piece of equipment to which dielectric voltage tests and creepage distances are referred.

Notes 1. – Technical Committees are recommended to specify a series of rated insulation voltages for their equipment.

2. – For equipment not having a specified rated insulation voltage, the highest value of any rated voltage shall be considered to be the rated insulation voltage.

3.5 *Rated impulse withstand voltage*

The peak value of an impulse voltage, of prescribed form and polarity which the equipment is capable of withstanding without breakdown under specified conditions of test and to which the value of the clearances is referred.

Notes 1. – Preferred values of rated impulse withstand voltage are those given in Table I.

2. – Technical Committees are recommended to specify a series of rated impulse withstand voltages for their equipment.

3.6 *Rated insulation level*

The value of rated insulation voltage and rated impulse withstand voltage which characterize the insulation of equipment with regard to its ability to withstand dielectric stress.

3.7 *Working voltage*

The highest r.m.s. value of the a.c. or d.c. voltage which may occur (locally) across any insulation at rated supply volts, transients being disregarded, in open circuit conditions or under normal operating conditions.

3.8 *Temporary overvoltage*

The phase-to-earth, phase-to-neutral or phase-to-phase overvoltage at a given location and of relatively long duration (several seconds).

3.9 *Transient overvoltage*

The transient overvoltages in the sense of this report are the following:

3.9.1 *Switching overvoltage*

The transient overvoltage at a given location on a system due to a specific switching operation or fault.

3.9.2 *Lightning overvoltage*

The transient overvoltage at a given location on a system due to a specific lightning discharge (see also IEC Publications 60: High Voltage Test Techniques, and 71-1: Insulation Co-ordination, Part 1: Terms, Definitions, Principles and Rules).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

3.9.3 *Surtension de fonctionnement*

Surtension intentionnelle et nécessaire au fonctionnement d'un appareil.

3.10 *Tension de tenue aux chocs*

Valeur de crête la plus élevée d'une tension de choc, de forme et de polarité prescrites, qui ne provoque pas de claquage dans des conditions d'essai spécifiées.

3.11 *Tension de tenue à fréquence industrielle*

Valeur efficace d'une tension sinusoïdale à fréquence industrielle qui ne provoque pas de claquage dans des conditions d'essai spécifiées.

3.12 *Pollution*

Tout apport de matériau étranger solide, liquide ou gazeux (gaz ionisés) qui peut entraîner une réduction de la rigidité diélectrique ou de la résistivité de la surface.

3.13 *Micro-environnement*

Conditions ambiantes à proximité immédiate des distances d'isolement ou des lignes de fuite considérées.

Note. – Le micro-environnement des lignes de fuite ou des distances d'isolement et non l'environnement du matériel détermine l'effet sur l'isolation. Le micro-environnement peut être meilleur ou pire que l'environnement du matériel. Il comprend tous les facteurs influant sur l'isolation, tels que conditions climatiques, influences électromagnétiques, production de pollution, etc.

3.14 *Coordination de l'isolement*

Correspondance des caractéristiques d'isolement du matériel électrique d'une part, avec les surtensions attendues et avec les caractéristiques des dispositifs de protection contre les surtensions et, d'autre part, avec le micro-environnement attendu et les moyens de protection contre la pollution.

Notes 1. – Dans le cas où l'énergie de la surtension attendue est limitée et où la tension préférentielle de tenue aux chocs est supérieure ou égale à 1 500 V, les distances d'isolement fournies peuvent servir de simple dispositif de protection contre les surtensions sans provoquer de fonctionnement défectueux. Le terme «fonctionnement défectueux» s'applique aussi bien à la continuité du service qu'aux dommages matériels subis par le matériel lui-même ou par son environnement. Lorsqu'il est fait un tel usage d'une distance d'isolement, cette propriété doit être clairement établie afin qu'un changement involontaire de conception ou d'emplacement ne puisse dérégler la coordination.

2. – Les valeurs minimales prescrites dans le présent rapport ne peuvent pas par elles-mêmes assurer la coordination de l'isolement, mais seulement la rendre possible. La coordination exige également la présence d'intervalles de décharge avec une tension d'amorçage spécifiée ou de dispositifs de protection contre les surtensions.

3.15 *Distance de sectionnement*

Distance entre les contacts ouverts d'un pôle d'un appareil mécanique de connexion, qui satisfait aux règles de sécurité spécifiées pour les sectionneurs.

3.16 *Champ homogène (uniforme)*

Champ électrique dont le gradient de tension est essentiellement constant entre les électrodes, comme c'est le cas entre deux sphères où le rayon de chacune est plus grand que la distance qui les sépare.

3.17 *Champ non homogène (non uniforme)*

Champ électrique dont le gradient de tension entre électrodes n'est pas essentiellement constant.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

3.9.3 *Functional overvoltage*

Deliberately imposed overvoltages necessary for the function of a device.

3.10 *Impulse withstand voltage*

The highest peak value of impulse voltages, of prescribed form and polarity, which does not cause breakdown under specified conditions of test.

3.11 *Power-frequency withstand voltage*

The r.m.s. value of a power-frequency sinusoidal voltage which does not cause breakdown under specified conditions of test.

3.12 *Pollution*

Any addition of foreign matter, solid, liquid, or gaseous (ionized gases), that may produce a reduction of dielectric strength or surface resistivity.

3.13 *Micro-environment*

The ambient conditions which surround the clearance or creepage distance under consideration.

Note. – The micro-environment of the creepage distance or clearance and not the environment of the equipment determines the effect on the insulation. The micro-environment might be better or worse than the environment of the equipment. It includes all factors influencing the insulation, such as climatic, electromagnetic, generation of pollution, etc.

3.14 *Co-ordination of insulation*

The correlation of insulating characteristics of electrical equipment on the one hand with the expected overvoltages and with the characteristics of overvoltage protective devices, and on the other hand with the expected micro-environment and the pollution protective means.

Notes 1. – Where the energy of the expected overvoltage is limited and where the preferred impulse withstand voltage is ≧1 500 V, the clearances provided may serve as simple overvoltage protective devices without causing any malfunction. The word "malfunction" refers to continuity of service as well as to physical damage to the equipment itself or the surroundings. Where such use is made of a clearance, this feature must be clearly identified, so that no inadvertent design or field change could upset the co-ordination.

2. – The minimum values prescribed in this report cannot by themselves ensure insulation co-ordination but make it possible. Co-ordination also requires the presence of gaps with a specified breakdown voltage or of overvoltage protective devices.

3.15 *Isolating distance*

The clearance between open contacts of a pole of a mechanical switching device which meets the safety requirements specified for disconnectors.

3.16 *Homogeneous (uniform) field*

An electric field which has an essentially constant voltage gradient between electrodes, such as that between two spheres where the radius of each sphere is greater than the distance between them.

3.17 *Inhomogeneous (non-uniform) field*

An electric field which does not have an essentially constant voltage gradient between electrodes.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

SECTION DEUX – COORDINATION DE L'ISOLEMENT

4. Principes de base de la coordination de l'isolement

4.1 *Coordination de l'isolement*

La coordination de l'isolement implique le choix des caractéristiques de l'isolement électrique du matériel, compte tenu de sa mise en œuvre et en relation avec son environnement. On doit prendre en considération les tensions qui peuvent apparaître dans le système (réseau), l'emplacement et les caractéristiques des dispositifs de protection contre les surtensions, la continuité de service désirée et la sécurité des personnes et des biens, afin que la probabilité d'incidents fortuits dus aux contraintes de tension soit réduite de façon à assurer un comportement économique et fonctionnel acceptable.

La coordination de l'isolement exige que les matériaux isolants solides ou liquides concernés aient une valeur de la tension de tenue aux chocs supérieure à la valeur de la tension d'amorçage soit du dispositif limitant la tension, soit de la distance d'isolement effective sur laquelle la coordination est fondée.

En outre, le matériel lui-même ne doit pas injecter dans le système (réseau) une surtension supérieure à la tension assignée de tenue aux chocs.

La coordination de l'isolement ne peut pas être obtenue seulement par la spécification de valeurs minimales pour les distances d'isolement. Toutefois, elle peut être obtenue en utilisant des distances d'isolement ayant des tensions d'amorçage spécifiées ou en utilisant des dispositifs de protection contre les surtensions de caractéristiques spécifiées.

Les dispositifs de protection contre les surtensions peuvent être soit des matériels spéciaux pourvus de moyens permettant le stockage ou la dissipation de l'énergie, ou de simples intervalles dans l'air (distances d'isolement), dans des conditions définies, susceptibles de dissiper sans dommage l'énergie des surtensions attendues, à l'endroit considéré.

Pour les systèmes (réseaux), la coordination de l'isolement est fondée sur une série de valeurs préférentielles de la tension de tenue aux chocs. Pour chaque point dans le système (réseau), la tension assignée de tenue aux chocs du matériel doit être égale ou supérieure à la valeur appropriée pour la catégorie d'installation particulière (voir tableau I).

Afin d'appliquer ce concept de coordination de l'isolement, il faut faire une distinction entre deux types de surtensions transitoires:

a) surtensions transitoires prenant leur origine dans le système (réseau) auquel le matériel est relié par ses bornes;

b) surtensions transitoires produites dans le matériel lui-même.

4.2 *Tensions de tenue aux chocs pour la coordination de l'isolement*

Le tableau I donne les séries de tensions de tenue aux chocs en fonction des gammes de tensions du système (réseau). Les surtensions transitoires apparaissant aux interfaces dans le système (réseau) doivent rester inférieures ou être limitées aux valeurs indiquées. La tension assignée de tenue aux chocs du matériel doit être égale ou supérieure aux valeurs indiquées.

Note. – Il est recommandé aux Comités d'Etudes de spécifier une tension assignée de tenue aux chocs pour les matériels dont ils s'occupent.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

SECTION TWO – INSULATION CO-ORDINATION

4. Basic principles of insulation co-ordination

4.1 *Insulation co-ordination*

Insulation co-ordination implies the selection of the electric insulation characteristics of equipment with regard to its application and in relation to its surroundings. Consideration must be given to the voltages which can appear within the system, to the location and characteristics of the overvoltage protective devices, to the continuity of service desired and to the safety of persons and property, so that the probability of undesired incidents due to voltage stresses is reduced to ensure an economically and operationally acceptable performance.

Insulation co-ordination requires that solid or liquid insulation materials involved have an impulse withstand voltage value in excess of the breakdown value of either the voltage limiting device or the actual clearance on which the co-ordination is based.

On the other hand the equipment itself shall not inject into the system an overvoltage in excess of the rated impulse withstand voltage.

Insulation co-ordination cannot be achieved alone by specifying minimum values of clearances. However it can be achieved by use of clearances having specified breakdown voltages or overvoltage protective devices having specified characteristics.

The overvoltage protective devices may be special equipment including means for the storage or dissipation of energy or simple air gaps (clearances), under defined conditions, capable of dissipating without harm the energy of the overvoltages expected at the relevant location.

For systems, the insulation co-ordination is based on a preferred series of values of impulse withstand voltage. For each location in the system the rated impulse withstand voltage of equipment shall be equal to or above the appropriate value for the particular installation category (see Table I).

In order to apply this concept of insulation co-ordination, distinction should be made between two types of transient overvoltages:

a) transients originating in the system to which the equipment is connected through its terminals;

b) transients generated within the equipment itself.

4.2 *Impulse withstand voltages for insulation co-ordination*

Table I gives the series of impulse withstand voltages related to system voltage ranges. The transient overvoltages occurring at the interfaces in the system must remain below or be limited to the values stated. The rated impulse withstand voltage of the equipment shall be equal to or higher than the values stated.

Note. – Technical Committees are recommended to specify a rated impulse withstand voltage for their equipment.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

4.3 *Prescriptions de l'interface*

Dans un système (réseau), les niveaux d'isolement des diverses catégories d'installations se suivent normalement dans l'ordre décroissant de grandeur de la tension de tenue aux chocs, selon que le matériel est situé plus ou moins loin de la source d'énergie. Le passage d'une catégorie d'installation à la catégorie suivante immédiatement inférieure est justifié par sa conformité aux prescriptions de l'interface appropriées.

Les éléments types qui influent sur l'interface sont les suivants:

- un dispositif de protection contre les surtensions;
- un transformateur à enroulements isolés;
- un système (réseau) à barres omnibus possédant un grand nombre de branches (capable de *dériver* l'énergie des surtensions);
- une capacité, par exemple un câble ou un condensateur (capable *d'absorber* l'énergie des surtensions);

  Note. – Une capacité peut être utilisée pour absorber l'énergie d'un choc; il convient cependant de tenir compte de la libération ultérieure de l'énergie accumulée et de sa récupération par le circuit.

- une résistance ou un dispositif d'amortissement similaire (capable de *dissiper* l'énergie des surtensions).

4.4 *Coordination de l'isolement dans un système (réseau)*

Les Comités d'Etudes traitant des installations ont la responsabilité de préciser la catégorie d'installation normalisée nécessaire et les prescriptions de l'interface qui justifient le passage d'un niveau (catégorie d'installation) au niveau suivant immédiatement inférieur.

4.5 *Coordination de l'isolement à l'intérieur d'un matériel*

Pour les parties situées dans un circuit à l'intérieur d'un matériel et qui sont sensiblement influencées par les conditions extérieures du circuit ou peuvent elles-mêmes les influencer, les comités responsables doivent suggérer, s'il y a lieu, les emplacements les plus avantageux pour les distances d'isolement capables de supporter un amorçage avec le minimum de risques de détérioration ou de perturbation. Il doit être entendu que toutes les autres distances d'isolement à l'intérieur du même matériel doivent être plus grandes (ayant une tension plus élevée de tenue aux chocs).

Pour les autres parties ou circuits à l'intérieur d'un matériel qui ne sont pas sensiblement influencés par les conditions extérieures du circuit ou qui ne peuvent eux-mêmes les influencer, les recommandations pour les distances d'isolement et les lignes de fuite ne sont pas liées à la catégorie d'installation du matériel mais aux conditions propres à cette partie ou à ce circuit. Dans ce cas, l'interpolation des valeurs du tableau II est possible.

4.6 *Choix d'une tension assignée de tenue aux chocs pour un matériel*

Le Comité d'Etudes responsable du matériel considéré doit indiquer, conformément au tableau I, les catégories d'installation pour lesquelles ses spécifications s'appliquent.

Le constructeur doit choisir la tension assignée de tenue aux chocs ou la gamme de tensions pour laquelle le matériel est conçu en vue des combinaisons de ces catégories d'installation et la gamme de tensions assignées pour laquelle le matériel est prévu.

Pour les matériels capables de créer des surtensions, par exemple les dispositifs de coupure, la valeur de la tension assignée de tenue aux chocs implique qu'aucune surtension supérieure à cette valeur ne peut être produite par le matériel lui-même lorsqu'il est utilisé conformément à la norme correspondante et aux instructions du constructeur. Inversement, une valeur donnée de

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

4.3 *Interface requirements*

In a system, the insulation levels of the various installation categories normally follow each other in descending order of magnitude of the impulse withstand voltage as the equipment is located further away from the source of energy. The transition from one installation category to the next lower category is justified by compliance with appropriate interface requirements.

Typical elements that influence the interface are:

- an overvoltage protective device;
- a transformer with isolated windings;
- a busbar system with a multiplicity of branches (capable of *diverting* energy of surges);
- a capacitance, for example a cable or a capacitor (capable of *absorbing* energy of surges);

Note. – While capacitance may be used to absorb the energy of an impulse, the effects of subsequent release of the stored energy back into the circuit must be considered.

- a resistance or similar damping device (capable of *dissipating* energy of surges).

4.4 *Insulation co-ordination within a system*

It is the responsibility of the Technical Committees dealing with installations to specify the necessary standard installation category and the interface requirements that justify the transition from one level (installation category) to the next lower level.

4.5 *Insulation co-ordination inside a piece of equipment*

For those parts in a circuit within equipment which are significantly influenced by or can themselves influence external circuit conditions, the responsible committees should suggest, if applicable, the most advantageous locations for clearances that are capable of suffering a flash-over with the minimum risk of damage or disturbance. It is to be understood that all other clearances inside the same piece of equipment shall be larger (having higher impulse withstand voltage).

For other parts or circuits within equipment which are not significantly influenced by or cannot themselves influence external circuit conditions, the recommendations for clearances and creepage distances are not related to the installation category of the equipment but to the actual conditions for that part or circuit. Interpolation of Table II values in this case is possible.

4.6 *Selection of rated impulse withstand voltage for equipment*

The Technical Committee responsible for the equipment considered shall indicate the installation categories according to Table I for which their specification applies.

The manufacturer shall select the rated impulse withstand voltage or range of voltage for which the equipment is designed in view of those combinations of installation category and rated voltage range for which the equipment is intended.

For equipment capable of creating overvoltages, for example switching devices, the magnitude of the rated impulse withstand voltage implies that no overvoltage in excess of this value can be generated by the equipment itself when used in accordance with the relevant standard and instructions of the manufacturer. Conversely, a given value of rated impulse withstand voltage

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

la tension assignée de tenue aux chocs implique que des surtensions de cette amplitude pourraient être engendrées et que, par conséquent, le matériel ne conviendrait pas à l'utilisation dans des catégories d'installation inférieures ou alors qu'il puisse être nécessaire d'envisager des moyens appropriés de supprimer cette surtension pour la catégorie inférieure.

Note. – Si la tension assignée de tenue aux chocs est exprimée par deux valeurs de tension, la valeur plus élevée indique la tension assignée de tenue aux chocs et la valeur moins élevée la surtension la plus élevée engendrée par le matériel lui-même.

TABLEAU I

Séries préférentielles de valeurs de tensions de tenue aux chocs pour les tensions assignées fondées sur une situation de surtensions contrôlées

Tensions phase-terre dérivées des tensions assignées du système (réseau), inférieures ou égales à: Valeurs efficaces et tensions continues } en volts	Séries préférentielles de la tension de tenue aux chocs, en volts, pour la catégorie d'installation			
	I	II	III	IV
50	330	500	800	1 500
100	500	800	1 500	2 500
150	800	1 500	2 500	4 000
300	1 500	2 500	4 000	6 000
600	2 500	4 000	6 000	8 000
1 000	4 000	6 000	8 000	12 000

Notes 1. – En vue de la coordination de l'isolement, la tension phase-terre dans la première colonne du tableau I est la valeur efficace de la tension en courant alternatif ou la valeur de la tension en courant continu existant dans le système (réseau) dans les conditions normales de fonctionnement.

2. – Les catégories d'installation sont fondées sur la protection par des dispositifs de protection contre les surtensions transitoires, tels que parafoudres, conformément à la Publication 99-1 de la CEI: Parafoudres, Première partie: Parafoudres à résistance variable pour réseaux à courant alternatif, ou par d'autres dispositifs de protection contre les surtensions, tels qu'éclateurs (distances d'isolement) conçus à cet effet ou par des varistances à oxyde métallique, etc., à moins que la nature de l'installation soit telle que la tension de tenue aux chocs de la catégorie choisie ne soit pas dépassée (voir figure 1, page 20).

3. – Pour les systèmes (réseaux) qui ne disposent pas de limiteur de surtension, la situation peut être qualifiée de «non contrôlée». Toutefois, les surtensions seront finalement limitées par l'amorçage de la distance d'isolement dans l'air (autorégénération), ou par la perforation de l'isolation solide (défaut permanent), suivant la valeur la plus basse. Cette tension finale (comprise normalement entre 5 kV et 25 kV) est déterminée par la conception ou par la construction effective du matériel et elle est soumise à des facteurs imprévus. Il est évident que les niveaux indéterminés de tension ainsi que les risques permanents de perforation rendent indésirable l'approche «non contrôlée».

4. – Pour les systèmes (réseaux) qui ne sont pas mis à la terre ou les systèmes (réseaux) dont une phase est mise à la terre, la tension phase-terre doit être considérée comme la tension entre phases.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

implies that overvoltages of that magnitude might be generated and that, as a consequence, the equipment could be unsuitable for use in lower installation categories or it may necessitate consideration of suppression means suitable for the lower category.

Note. – If the rated impulse withstand voltage is expressed as two values of voltage, the higher value indicates the rated impulse withstand voltage and the lower value the highest overvoltage generated by the equipment itself.

TABLE I

Preferred series of values of impulse withstand voltages for rated voltages based on a controlled overvoltage situation

Voltages phase-to-earth derived from rated system voltages up to and including V r.m.s and d.c.	Preferred series of impulse withstand voltages in volts for installation category			
	I	II	III	IV
50	330	500	800	1 500
100	500	800	1 500	2 500
150	800	1 500	2 500	4 000
300	1 500	2 500	4 000	6 000
600	2 500	4 000	6 000	8 000
1 000	4 000	6 000	8 000	12 000

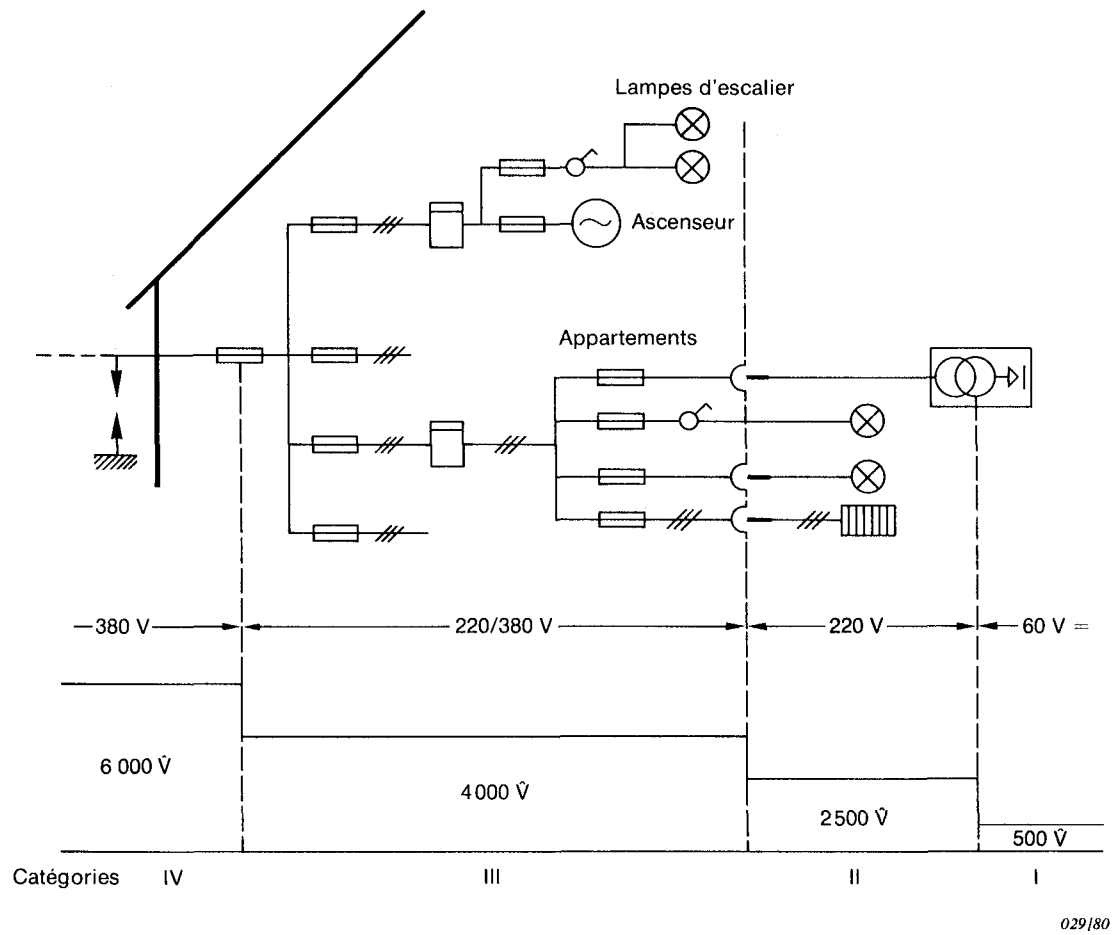
Notes 1. – For the purpose of insulation co-ordination, the voltage phase-to-earth in the first column of Table I is the r.m.s. value of the a.c. or d.c. voltage existing in the system under normal operating conditions.

2. – The installation categories are based on protection by transient overvoltage control means, for example surge arresters according to IEC Publication 99-1: Lightning Arresters, Part 1: Non-linear Resistor Type Arresters for A.C. Systems, or by other surge protectors, such as spark gaps (clearances) designed for this purpose or by metal oxide varistors etc., unless the nature of the installation is such that the impulse withstand voltage of the selected category is not exceeded (see Figure 1, page 21).

3. – For systems where no surge suppressor is installed, the situation can be described as "uncontrolled". However, overvoltages will still be ultimately limited by sparkover of air clearance (self-restoring) or by puncture of solid insulation (permanent failure), whichever is the lowest. This ultimate voltage (typically between 5 kV and 25 kV) is determined by the design or actual construction of the hardware and is subject to unpredictable factors. Clearly, the indeterminate levels of voltage as well as the permanent puncture risks, make the "uncontrolled" approach undesirable.

4. – For unearthed (ungrounded) systems or systems with one phase earthed (grounded phase) the phase-to-earth voltage is to be considered as the phase-to-phase voltage.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

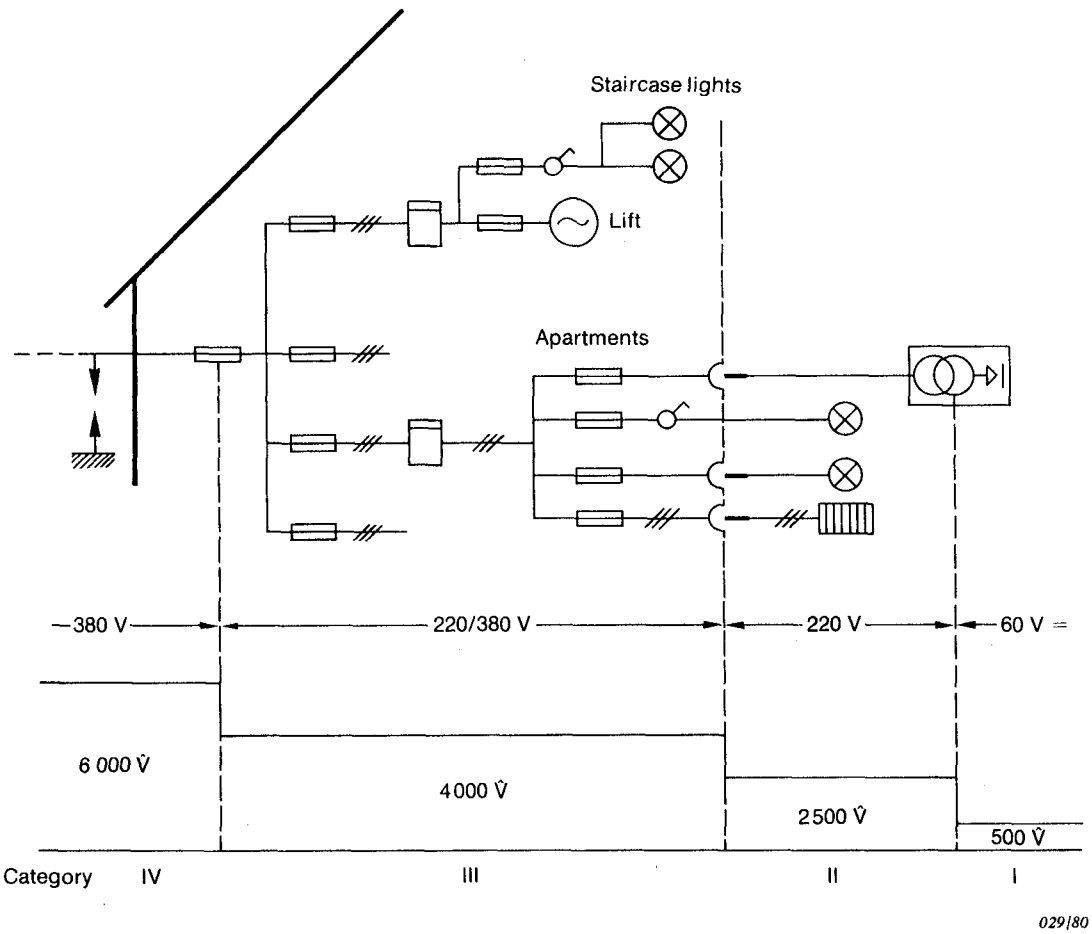


Catégorie d'installation IV	*Catégorie d'installation III*	*Catégorie d'installation II*	*Catégorie d'installation I*
Niveau de la source primaire. Systèmes (réseaux) de lignes aériennes et de câbles, y compris les jeux de barres de distribution et les matériels associés de protection contre les surintensités.	Installations fixes faisant suite à la catégorie d'installations IV.	Appareils, matériels portatifs, etc., faisant suite à la catégorie d'installation III.	Matériels spéciaux ou parties de matériels faisant suite à la catégorie d'installation II, télécommunications, électronique, etc.

Note. – Une catégorie d'installation inférieure peut suivre n'importe quelle catégorie d'installation supérieure à condition que les moyens appropriés de protection contre les surtensions transitoires (interfaces) soient assurés.

FIG. 1. – Exemple pour les catégories d'installation I à IV et la coordination de l'isolement selon le tableau I.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale



Installation category IV	*Installation category III*	*Installation category II*	*Installation category I*
Primary supply level. Overhead lines and cable systems including distribution bus and its associated overcurrent protection equipment.	Fixed installation following installation category IV.	Appliances, portable equipment etc. following installation category III.	Special equipment or parts of equipment following installation category II, telecommunication, electronic, etc.

Note. – A lower installation category may follow any higher installation category when appropriate transient overvoltage control means (interfaces) are provided.

FIG. 1. – Example for installation categories I to IV and insulation co-ordination according to Table I.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

4.7 *Identification pour un matériel de la tension assignée de tenue aux chocs*

La tension assignée de tenue aux chocs pour un matériel particulier doit être spécifiée par le Comité d'Etudes concerné. Il doit décider si cette information doit être ou non indiquée par le constructeur et, dans l'affirmative, si elle doit figurer sur la plaque signalétique, sur l'emballage ou dans le catalogue.

Note. – Dans le cas d'apparition de tensions autogénératrices, il peut être nécessaire de spécifier toutes les catégories d'installation pour lesquelles le matériel est approprié.

4.8 *Séries de valeurs préférentielles des tensions de tenue aux chocs pour les tensions assignées fondées dans des conditions de surtensions contrôlées*

Le tableau I, page 18, est une proposition pour la conception des systèmes (réseaux) futurs, qui comporte des prescriptions concernant l'interface destinées à limiter les conditions de tension de choc en des points précis du système (réseau). Il faut admettre que, d'une manière générale, les systèmes (réseaux) à surtensions contrôlées n'existent pas actuellement. Cependant, il doit être également admis que ce type de système (réseau) devra d'abord exister pour qu'une réelle coordination de l'isolement puisse être réalisée. Entre-temps, les Comités d'Etudes individuels pourront réaliser des normes de conception plus efficace en tenant compte de l'utilisation des dispositifs de protection contre les surtensions transitoires pour atteindre les niveaux de tension proposés dans le tableau I (voir aussi l'annexe B).

SECTION TROIS – DISTANCES D'ISOLEMENT DANS L'AIR

5. **Facteurs d'influence**

Les conditions requises pour les distances d'isolement dans l'air sont déterminées par le micro-environnement dans lequel la distance en question est située.

5.1 *Facteurs fondamentaux d'influence pour les distances d'isolement*

Surtensions transitoires.
Condition du champ électrique (forme des électrodes).
Pollution.
Altitude.
(Voir aussi article 6.)

5.2 *Autres facteurs pouvant influer sur une distance d'isolement*

Protection contre les chocs électriques.
Aspects mécaniques.
Distance de sectionnement.
Conséquences d'un défaut d'isolement dans un circuit.
Continuité de service.
(Voir aussi article 7.)

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

4.7 *Equipment identification of rated impulse withstand voltage*

The rated impulse withstand voltage of a particular equipment should be specified by the relevant Technical Committee. It should decide whether or not this information shall be stated by the manufacturer and if so, whether it shall be on the nameplate or on the packaging or in the catalogue.

Note. – Where self-generating voltages may be present, it may be necessary to specify all installation categories for which the equipment is suitable.

4.8 *Preferred series of values of impulse withstand voltages for rated voltages based on an overvoltage controlled situation*

Table I, page 19, is a proposal for future system design which includes interface requirements to establish limited impulse voltage conditions at specific locations on the system. It must be recognized that overvoltage controlled systems do not generally exist at this time. However, it must also be recognized that this type of system must exist before true insulation co-ordination can be achieved. In the meantime, individual Technical Committees can achieve more efficient design standards by considering the use of transient overvoltage control means to achieve the voltage levels proposed in Table I (see also Appendix B).

SECTION THREE – CLEARANCES IN AIR

5. **Influencing factors**

The requirements of clearances in air are determined by the micro-environment in which the distance under consideration is situated.

5.1 *Fundamental factors influencing clearance*

Transient overvoltages.
Electric field condition (shape of the electrodes).
Pollution.
Altitude.
(See also Clause 6.)

5.2 *Other factors which may influence a clearance*

Protection against electric shock.
Mechanical aspects.
Isolating distance.
Consequences of an insulation fault in a circuit.
Continuity of service.
(See also Clause 7.)

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

6. Description des facteurs fondamentaux d'influence pour les distances d'isolement

Les distances d'isolement minimales sont obtenues par l'application de cet article. Toutefois, les autres conditions du paragraphe 5.2 peuvent exiger des distances plus grandes qui ne peuvent pas être dimensionnées directement, mais qui relèvent des Comités d'Etudes individuels, compte tenu de l'article 7.

6.1 *Surtensions transitoires*

Pour des raisons de tenue aux surtensions transitoires, on déduit la tension de tenue aux chocs d'une distance d'isolement dans l'air pour des champs homogènes (cas B) et non homogènes (cas A) dans les conditions normales de température et d'humidité relative et pour une pression atmosphérique de 80 kPa (correspondant à une altitude d'environ 2 000 m au-dessus du niveau de la mer). Les variations journalières de la pression atmosphérique n'ont pas été retenues.

Note. – Des informations sont données à ce sujet dans l'annexe A.

6.2 *Conditions de champ électrique*

La forme et la disposition des parties conductrices (électrodes) entre lesquelles se trouve la distance d'isolement influent sur l'homogénéité du champ et, en conséquence, sur la distance requise pour tenir une tension donnée (voir annexe A et tableau II).

6.2.1 *Cas A du tableau II*

Des valeurs de distances d'isolement égales ou supérieures à celles du cas A du tableau II peuvent être utilisées quelle que soit la configuration de l'électrode et sans vérification par un essai de choc électrique. Les valeurs de distances d'isolement suivant le cas A sont admises comme ayant, en toutes conditions, la possibilité de supporter la tension assignée de tenue aux chocs.

6.2.2 *Cas B du tableau II*

Les valeurs de distances d'isolement du cas B du tableau II représentent les conditions idéales dont on peut s'approcher lorsque la configuration de l'électrode est prévue pour réduire à leur minimum les contraintes électriques locales.

Les valeurs de distances d'isolement qui se situent entre celles du cas A et celles du cas B nécessitent une vérification par un essai.

Note. – Pour les faibles valeurs des distances d'isolement, la présence de la pollution peut détruire l'uniformité du champ électrique en rendant l'utilisation du cas B impossible ou au moins incertaine.

Pour des tensions assignées de tenue aux chocs supérieures à 6 000 V, les distances d'isolement sont suffisamment importantes pour que la pollution n'affecte pas de façon significative l'uniformité du champ électrique.

6.3 *Pollution*

Des moyens tels que l'utilisation efficace d'enveloppes, d'enrobage ou de scellements hermétiques peuvent être employés pour réduire la pollution à l'emplacement de la distance d'isolement considérée. On doit reconnaître que de tels moyens pour réduire la pollution peuvent ne pas être efficaces lorsque le matériel est sujet à la condensation ou si, en fonctionnement normal, le matériel produit lui-même des déchets polluants.

Les effets de la pollution sur le micro-environnement ne doivent être pris en considération que si la position et l'orientation de la distance d'isolement sont telles qu'il risque de se déposer de la poussière, des saletés, de l'eau, etc., susceptibles de réduire les distances d'isolement.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

6. Description of the fundamental factors influencing clearance

The minimum clearances are obtained by application of this clause. However, the other conditions of Sub-clause 5.2 may require increased distances which are not directly dimensionable but are the responsibility of the individual Technical Committees taking into consideration Clause 7.

6.1 *Transient overvoltages*

For the purpose of withstanding transient overvoltages, the impulse withstand voltage of a clearance in air has been derived for homogeneous (Case B) and inhomogeneous (Case A) fields under normal conditions of temperature and relative humidity and for a barometric pressure of 80 kPa (corresponding to an altitude of about 2 000 m above sea level). Daily variations in barometric pressure have been disregarded.

Note. – Information on this can be found in Appendix A.

6.2 *Electric field conditions*

The shape and arrangement of the conductive parts (electrodes) between which the clearance exists influence the homogeneity of the field and consequently the distance needed to withstand a given voltage (see Appendix A and Table II).

6.2.1 *Case A of Table II*

Values of clearances equal to or larger than those in Table II under Case A can be used irrespective of electrode configuration and without verification by electric impulse test. Case A clearance values are accepted as having under all conditions the ability to withstand the rated impulse withstand voltage.

6.2.2 *Case B of Table II*

Values of clearances in Table II under Case B represent ideal conditions that may be approached when the electrode configuration is designed to minimize local electric stresses.

Clearance values which are between Case A and Case B values require verification by test.

Note. – For small values of clearances, the presence of pollution may destroy the uniformity of the field, making the use of Case B impossible, or at least questionable.

For rated impulse withstand voltages higher than 6 000 V, the clearances are large enough for pollution not to influence significantly the uniformity of the electric field.

6.3 *Pollution*

Means may be provided to reduce pollution at the clearance under consideration by effective use of enclosures, encapsulation or hermetic sealing. It should be recognized that such means to reduce pollution may not be effective when the equipment is subject to condensation or if, in normal operation, it generates pollutants itself.

The effects of pollution in the micro-environment need only be taken into account when the position and orientation of the clearance are such that deposition of dust, dirt, water, etc., is likely to occur in a manner to reduce the clearances.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Les faibles distances d'isolement peuvent se trouver complètement pontées par des particules solides de poussière et d'eau et, en conséquence, des distances minimales sont spécifiées lorsqu'il peut y avoir de la pollution dans le micro-environnement.

Note. – La conductivité de la pollution est due principalement à l'eau, la suie, la poussière métallique, la poussière de charbon ou produits analogues. La pollution conductrice par gaz ionisés et dépôts métalliques est limitée à des cas spécifiques, par exemple dans l'appareillage, qui ne sont pas traités dans ce rapport.

Les distances nécessaires d'isolement ne peuvent pas être spécifiées en présence de gaz ionisés. Les gaz ionisés se produisent souvent en même temps que les surtensions de manœuvre. Si nécessaire, les constructeurs d'appareils de connexion indiqueront la zone de sécurité au-delà de laquelle aucun gaz ionisé n'apparaîtra en fonctionnement normal.

6.3.1 *Degrés de pollution dans le micro-environnement*

Afin d'évaluer les distances d'isolement, les quatre degrés de pollution suivants sont définis pour le micro-environnement:

6.3.1*a)* *Degré de pollution 1*

Il n'existe pas de pollution ou il se produit seulement une pollution sèche, non conductrice. La pollution n'a pas d'influence. La distance d'isolement doit être déterminée uniquement à partir de la tension conformément aux paragraphes 6.1 et 6.2.

6.3.1*b)* *Degré de pollution 2*

Normalement, présence d'une pollution non conductrice seulement. Cependant, on doit s'attendre de temps en temps à une conductivité temporaire provoquée par de la condensation. La distance d'isolement doit être déterminée uniquement à partir de la tension conformément aux paragraphes 6.1 et 6.2. Toutefois, *la distance minimale d'isolement est de 0,2 mm.*

6.3.1*c)* *Degré de pollution 3*

Présence d'une pollution conductrice ou d'une pollution sèche, non conductrice, qui devient conductrice par suite de la condensation attendue. La distance d'isolement doit être déterminée uniquement à partir de la tension conformément aux paragraphes 6.1 et 6.2. Toutefois, *la distance minimale d'isolement est de 0,8 mm.*

6.3.1*d)* *Degré de pollution 4*

La pollution produit une conductivité persistante causée, par exemple, par de la poussière conductrice ou par de la pluie ou de la neige. La distance d'isolement doit être déterminée uniquement à partir de la tension conformément aux paragraphes 6.1 et 6.2. Toutefois, *la distance minimale d'isolement est de 1,6 mm.*

Note. – Les distances minimales d'isolement indiquées pour les degrés de pollution 2, 3 et 4 sont fondées sur l'expérience plutôt que sur des données fondamentales.

6.4 *Altitude*

La tension disruptive d'une distance d'isolement dans l'air, pour un champ homogène (tension de tenue, cas B, dans le tableau AI de l'annexe A) est, selon la loi de Paschen, proportionnelle au produit de la distance entre électrodes par la pression atmosphérique. En conséquence, les valeurs expérimentales relevées approximativement au niveau de la mer sont calculées en tenant compte de la différence de pression atmosphérique entre 2 000 m et le niveau de la mer. Dans le cadre du présent rapport, les mêmes calculs sont repris pour les champs non homogènes.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Small clearances can be bridged completely by solid particles, dust and water, and therefore minimum clearances are specified where pollution may be present in the micro-environment.

Note. – The conductivity of a pollution is mainly caused by water, soot, metal dust, carbon dust or similar components. Conductive pollution by ionized gases and metallic deposition is restricted to specific instances, for example in switchgear or controlgear which are not covered by this report.

Where ionized gases are present the necessary clearances cannot be specified. Ionized gases often occur coincidental to switching surges. When appropriate, manufacturers of switching equipment will indicate the safety zone beyond which no ionized gases will appear during normal operation.

6.3.1 *Degrees of pollution in the micro-environment*

For the purpose of evaluating clearances, the following four degrees of pollution in the micro-environment are established:

6.3.1*a)* *Pollution degree 1*

No pollution or only dry, non-conductive pollution occurs. The pollution has no influence. The clearance has to be determined only according to the voltage as described in Sub-clauses 6.1 and 6.2.

6.3.1*b)* *Pollution degree 2*

Normally, only non-conductive pollution occurs. Occasionally, however, a temporary conductivity caused by condensation must be expected. The clearance has to be determined only according to the voltage as described in Sub-clauses 6.1 and 6.2. However, *the minimum clearance is 0.2 mm.*

6.3.1*c)* *Pollution degree 3*

Conductive pollution occurs, or dry, non-conductive pollution occurs which becomes conductive due to condensation which is expected. The clearance has to be determined only according to the voltage as described in Sub-clauses 6.1 and 6.2. However, *the minimum clearance is 0.8 mm.*

6.3.1*d)* *Pollution degree 4*

The pollution generates persistent conductivity caused, for instance, by conductive dust or by rain or snow. The clearance has to be determined only according to the voltage as described in Sub-clauses 6.1 and 6.2. However, *the minimum clearance is 1.6 mm.*

Note. – The minimum clearances given for pollution degrees 2, 3 and 4 are based on experience rather than on fundamental data.

6.4 *Altitude*

Breakdown voltage of a clearance in air, for a homogeneous field (withstand voltage Case B in Table A1 of Appendix A), is according to Paschen's Law, proportional to the product of the distance between electrodes and the atmospheric pressure. Therefore, experimental data recorded at approximately sea level are calculated, according to the difference in atmospheric pressure between 2 000 m and sea level. For the purpose of this report, the same calculation is made for inhomogeneous fields.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Comme les valeurs en millimètres indiquées dans le tableau II sont valables pour une altitude de 2 000 m au-dessus du niveau de la mer, la distance d'isolement pour les autres altitudes doit être multipliée par le facteur multiplicateur pour la distance d'isolement. Ce facteur de correction correspond à la loi de Paschen. Le tableau correspondant figure dans l'annexe A.

TABLEAU II

Distances minimales d'isolement pour la coordination de l'isolement

	Distances minimales d'isolement dans l'air en millimètres jusqu'à 2000 m au-dessus du niveau de la mer							
	Cas A (Conditions de champ non homogène) (voir paragraphe 3.17) Aucun essai diélectrique n'est exigé				Cas B (Champ homogène, conditions idéales) (voir paragraphe 3.16) [1]			
Tension assignée de tenue aux chocs Valeur de crête kV	Degré de pollution				Degré de pollution			
	1	2	3	4	1	2	3	4
0,33[2]	0,01				0,01			
0,40	0,02				0,02			
0,50[2]	0,04				0,04			
0,60	0,06	0,2			0,06	0,2		
0,80[2]	0,10		0,8		0,1			
1,0	0,15			1,6	0,15		0,8	
1,2	0,25	0,25			0,2			1,6
1,5[2]	0,5	0,5			0,3	0,3		
2,0	1,0	1,0	1,0		0,45	0,45		
2,5[2]	1,5	1,5	1,5		0,6	0,6		
3,0	2	2	2	2	0,8	0,8		
4,0[2]	3	3	3	3	1,2	1,2	1,2	
5,0	4	4	4	4	1,5	1,5	1,5	
6,0[2]	5,5	5,5	5,5	5,5	2	2	2	2
8,0[2]	8	8	8	8	3	3	3	3
10	11	11	11	11	3,5	3,5	3,5	3,5
12[2]	14	14	14	14	4,5	4,5	4,5	4,5
15	18	18	18	18	5,5	5,5	5,5	5,5
20	25	25	25	25	8	8	8	8
25	33	33	33	33	10	10	10	10
30	40	40	40	40	12,5	12,5	12,5	12,5
40	60	60	60	60	17	17	17	17
50	75	75	75	75	22	22	22	22
60	90	90	90	90	27	27	27	27
80	130	130	130	130	35	35	35	35
100	170	170	170	170	45	45	45	45

[1] La vérification par un essai diélectrique est exigée si la distance d'isolement est inférieure à la valeur spécifiée pour le cas A.

[2] Valeurs préférentielles utilisées dans le tableau I.

7. Description des autres facteurs pouvant influer sur une distance d'isolement

Conformément à l'article 6, les distances d'isolement doivent être maintenues pendant toute la durée de vie utile du matériel en tenant compte des autres facteurs de cet article. Dans certains cas, une augmentation de la distance d'isolement peut être nécessaire pour obtenir ce résultat. Toutefois, une simple augmentation de la distance d'isolement peut ne pas assurer, en soi, ce résultat, par exemple en raison des aspects mécaniques.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

As the given millimetre values in Table II are valid for an altitude of 2 000 m above sea level, clearance for other altitudes must be multiplied by the multiple factor for distance. This correction factor corresponds to Paschen's law. The relevant table is shown in Appendix A.

TABLE II

Minimum clearances for insulation co-ordination

Rated impulse withstand voltage Peak kV	Minimum clearances in air in millimetres up to 2 000 m above sea level							
	Case A (Inhomogeneous field conditions) (see Sub-clause 3.17) No dielectric test required				Case B Homogeneous field, ideal conditions) (see Sub-clause 3.16) [1]			
	Pollution degree				Pollution degree			
	1	2	3	4	1	2	3	4
0.33[2]	0.01				0.01			
0.40	0.02				0.02			
0.50[2]	0.04				0.04			
0.60	0.06	0.2			0.06	0.2		
0.80[2]	0.10		0.8		0.1			
1.0	0.15			1.6	0.15		0.8	
1.2	0.25	0.25			0.2			1.6
1.5[2]	0.5	0.5			0.3	0.3		
2.0	1.0	1.0	1.0		0.45	0.45		
2.5[2]	1.5	1.5	1.5		0.6	0.6		
3.0	2	2	2	2	0.8	0.8		
4.0[2]	3	3	3	3	1.2	1.2	1.2	
5.0	4	4	4	4	1.5	1.5	1.5	
6.0[2]	5.5	5.5	5.5	5.5	2	2	2	2
8.0[2]	8	8	8	8	3	3	3	3
10	11	11	11	11	3.5	3.5	3.5	3.5
12[2]	14	14	14	14	4.5	4.5	4.5	4.5
15	18	18	18	18	5.5	5.5	5.5	5.5
20	25	25	25	25	8	8	8	8
25	33	33	33	33	10	10	10	10
30	40	40	40	40	12.5	12.5	12.5	12.5
40	60	60	60	60	17	17	17	17
50	75	75	75	75	22	22	22	22
60	90	90	90	90	27	27	27	27
80	130	130	130	130	35	35	35	35
100	170	170	170	170	45	45	45	45

[1] Verification by a dielectric test is required if the clearance is less than the value specified for Case A.
[2] Preferred values used in Table I.

7. Description of the other factors which may influence a clearance

The clearances according to Clause 6 must be retained throughout the useful life of the equipment taking into account the other factors of this clause. In some cases, increase of the clearance may be necessary to achieve this result. However, a mere increase of clearance may not in itself ensure this result by reason, for example of mechanical aspects.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Il est recommandé aux Comités d'Etudes d'établir les distances d'isolement pour les produits entrant dans leur domaine d'application en prenant en considération les facteurs d'influence correspondants.

7.1 *Isolation complémentaire et mesures destinées à assurer la protection contre les chocs électriques*

L'attention est attirée sur le rapport: Publication 536 de la CEI: Classification des matériels électriques et électroniques en ce qui concerne la protection contre les chocs électriques.

La Publication 536 est destinée à servir de guide aux Comités d'Etudes de la CEI pour la classification des matériels électriques et électroniques à basse tension, destinés à être connectés à une source d'alimentation extérieure, en ce qui concerne la protection contre les chocs électriques, en cas de défaut de l'isolation.

Pour *l'isolation supplémentaire* et pour *l'isolation renforcée,* le Comité d'Etudes concerné devra établir les règles régissant les distances d'isolement pour les matériels entrant dans son domaine d'application.

7.2 *Aspects mécaniques*

La précision avec laquelle la méthode de fabrication peut contrôler les tolérances mécaniques fixe la limite jusqu'à laquelle la distance d'isolement pratique peut approcher la distance d'isolement minimale théorique. Il est possible d'approcher la distance d'isolement minimale lorsque le matériel est fabriqué en usine dans des conditions contrôlées et terminé jusqu'au point où un montage complémentaire autre que le raccordement aux bornes avant la mise en service du matériel n'est pas nécessaire. Le remplacement de composants effectué normalement dans des ateliers d'entretien ou prévu en service normal (par exemple des fusibles) est considéré comme faisant partie des conditions contrôlées. On compte sur des programmes d'entretien périodique pour essayer ou examiner l'isolation.

Une augmentation des distances d'isolement est demandée lorsque le matériel est monté et connecté sur place car le mode de montage et le mode de câblage à l'emplacement des bornes doivent être pris en considération.

7.3 *Distance de sectionnement*

Les distances de sectionnement sont déterminées de la même façon que les distances d'isolement.

Le rapport de la tension de tenue aux chocs pour la distance de sectionnement à la tension assignée de tenue aux chocs est à l'étude.

7.4 *Conséquences d'un défaut d'isolement dans un circuit*

A l'étude.

7.5 *Continuité de service*

A l'étude.

Note. – Les matériaux isolants peuvent subir des modifications dimensionnelles (déformations) après leur incorporation dans un matériel. Cela comprend les modifications dues aux pertes d'éléments constituants en raison de l'évaporation, ainsi que le fluage dû aux contraintes thermiques ou mécaniques, à l'absorption d'eau (gonflage) ou à des modifications chimiques.

Une attention particulière doit être apportée aux joints qui risquent d'être comprimés de façon excessive ou même perdus.

Une attention toute particulière doit être apportée à la possibilité de déformations élastiques parce qu'elles risquent de ne pas exister au moment de l'examen, mais seulement dans certaines conditions de service.

Les déplacements mécaniques de pièces, qu'ils soient fonctionnels, dus au mouvement de pièces mobiles ou permanents, tels que le déplacement des bornes dû au raccordement des conducteurs, devront être pris en considération et largement compensés.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Technical Committees should establish clearances for products within their scope taking into account relevant influencing factors.

7.1 *Additional insulation and measures to provide protection against electric shock*

Attention is drawn to the Report: IEC Publication 536: Classification of Electrical and Electronic Equipment with Regard to Protection Against Electric Shock.

Publication 536 is intended to give guidance to IEC Technical Committees on the classification of low-voltage electrical and electronic equipment intended for connection to an external supply, with regard to protection against electric shock in the event of an insulation failure.

For *supplementary insulation* and for *reinforced insulation* the Technical Committee concerned shall state the rules governing clearances for the equipment in their scope.

7.2 *Mechanical aspects*

The extent to which the manufacturing process can control the mechanical tolerances decides the limit to which practical clearance can approach the theoretical minimum clearance. It is possible to approach minimum clearances when the equipment is manufactured in a factory under controlled conditions and finished to a point where additional assembly other than the connections to terminals prior to placing the equipment in service is not necessary. Replacement of components normally effected in service shops or in normal use (e.g. fuses) are considered to be part of controlled conditions. Routine maintenance schedules for testing or examining insulation are expected.

Increased clearances are required when equipment is field-mounted and field-connected because the method of mounting and the wiring method at the terminals have to be considered.

7.3 *Isolating distance*

Isolating distances are determined in the same manner as clearances.

The ratio of the impulse withstand voltage for the isolating distance to the rated impulse withstand voltage is under consideration.

7.4 *Consequences of an insulation fault in a circuit*

Under consideration.

7.5 *Continuity of service*

Under consideration.

Note. – Insulating material may undergo dimensional changes (deformation) after being incorporated in equipment. This includes changes due to loss of constituents due to evaporation as well as flow due to thermal or mechanical stress, absorption of water (swelling) or chemical changes.

Particular attention should be given to gaskets that may be unduly compressed or even lost.

Special attention should be given to the possibility of elastic deformations, as they may not be present at the time of inspection, but only under certain conditions of service.

Mechanical displacement of parts, whether operational due to the motion of movable parts, or more permanent such as the displacement of terminals due to the attachment of wires, should be considered and liberally compensated for.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

8. Essais diélectriques

Tous les essais diélectriques indiqués dans le présent rapport sont des essais de type. Les Comités d'Etudes doivent spécifier les essais qui sont applicables.

Lorsqu'on utilise les valeurs minimales de distances d'isolement conformément aux valeurs du cas A, aucun essai de tension de tenue n'est demandé. Des essais de tension de tenue ne sont demandés que dans le cas où l'on utilise des valeurs inférieures à celles du cas A et supérieures à celles du cas B; il ne doit pas alors y avoir de décharge disruptive.

8.1 *Préparation de l'essai diélectrique*

Quand les distances d'isolement sont vérifiées par des essais diélectriques, il incombe au constructeur de s'assurer qu'indépendamment des tolérances de fabrication, les produits sont conformes aux prescriptions de l'essai. Une augmentation de la tension d'essai doit être envisagée si l'essai est réalisé à une altitude inférieure à 2 000 m (voir annexe A).

Exemple 1: Un matériel de tension assignée phase-terre 230 V, destiné à être utilisé jusqu'à 2 000 m au-dessus du niveau de la mer et entrant dans la catégorie d'installation III, doit supporter une tension de choc de 4 000 V conformément au tableau I.

Ce matériel doit être essayé dans un emplacement situé à 500 m au-dessus du niveau de la mer. Quelle est la tension de tenue aux chocs exigée à 500 m?

La distance d'isolement du cas B, à 2 000 m et pour une tension de tenue aux chocs de 4 000 V est, conformément au tableau AI, de 1,2 mm (la valeur effective du tableau AI est 4 090 V).

Le facteur multiplicateur pour la distance d'isolement, à 500 m, est égal, conformément à l'annexe A, à 0,84.

Par conséquent, l'augmentation équivalente de la distance d'isolement correspondant à 500 m est:

$$1{,}2 \text{ mm} \times \frac{1{,}00}{0{,}84} = 1{,}43 \text{ mm}$$

La tension de tenue aux chocs correspondant à la distance d'isolement de 1,43 mm est, d'après le tableau AI (par interpolation à partir du cas B), de *4 750 V*. Cette valeur peut également être lue sur la figure A1, page 41, courbe ①, pour 1,43 mm.

Exemple 2: Quelle est la tension de tenue aux chocs requise pour le matériel de l'exemple 1 lorsqu'il est essayé au niveau de la mer?

Le facteur multiplicateur pour la distance d'isolement au niveau de la mer est 0,79.

Par conséquent, l'augmentation équivalente de la distance d'isolement correspondante, au niveau de la mer, est:

$$1{,}2 \text{ mm} \times \frac{1{,}00}{0{,}79} = 1{,}52 \text{ mm}$$

La tension de tenue aux chocs est *5 000 V* (par interpolation à partir du tableau AI) ou déduite à partir de la figure A1, courbe ①, pour 1,52 mm.

8.2 *Procédure d'essai*

En principe, l'essai pour la tension de tenue aux chocs doit être effectué à l'aide d'un essai aux ondes de choc, conformément au paragraphe 8.4.

Quand les parties conductrices, auxquelles la tension d'essai est appliquée, sont reliées de façon permanente à des parties ou à des composants qui peuvent influencer l'amplitude ou la durée de l'onde de choc, par exemple les parafoudres ou les condensateurs, seul est applicable l'essai à l'onde de choc avec l'énergie spécifiée, conformément au paragraphe 8.4.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

8. Dielectric tests

All dielectric tests stated in this report are type tests. Technical Committees shall specify which tests are applicable.

When using the minimum clearance values in accordance with Case A values, no withstand voltage tests are required. Withstand voltage tests are required only when using values less than Case A values and greater than Case B values and then there should be no disruptive discharge.

8.1 *Preparation for dielectric test*

When clearances are verified by dielectric tests, it is up to the manufacturer to ensure that irrespective of manufacturing tolerances the products will comply with the test requirement. An increase of test voltage shall be considered if the test is performed at an altitude below 2 000 m (see Appendix A).

Example 1: An equipment with a rated voltage of 230 V phase-to-earth for use up to 2 000 m above sea level and an installation category III is required to withstand an impulse voltage of 4 000 V according to Table I.

This equipment is to be tested at a site located 500 m above sea level. What is the required impulse withstand voltage at 500 m?

The Case B clearance at 2 000 m and 4 000 V impulse withstand voltage according to Table AI is 1.2 mm (actual Table AI value is 4 090 V).

The multiplying factor for distance, at 500 m according to Appendix A is 0.84.

Therefore, the equivalent increase in distance corresponding to 500 m is:

$$1.2 \text{ mm} \times \frac{1.00}{0.84} = 1.43 \text{ mm}$$

The corresponding impulse withstand voltage for 1.43 mm clearance from Table AI (by interpolation from Case B) is *4 750 V*. This value can also be read from Figure A1, page 41, curve ① for 1.43 mm.

Example 2: What is the required impulse withstand voltage for the equipment of example 1 when tested at sea level?

The multiplying factor for distance at sea level is 0.79.

Therefore, the equivalent increase in distance corresponding to sea level is:

$$1.2 \text{ mm} \times \frac{1.00}{0.79} = 1.52 \text{ mm}$$

The impulse withstand voltage is *5 000 V* (by interpolation from Table AI) or from Figure A1, curve ① for 1.52 mm.

8.2 *Test procedure*

In principle, the test for impulse withstand voltage shall be performed by an impulse test according to Sub-clause 8.4.

When the conducting parts to which the test voltage is applied are permanently connected to parts or components that may influence the magnitude or duration of the impulse, for example surge arresters or capacitors, only the impulse test with the specified energy according to Sub-clause 8.4 is applicable.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Si une tension permanente, de l'amplitude de la tension d'essai, ne risque d'endommager aucun des composants en parallèle sur la distance d'isolement soumise à l'essai, un essai en courant continu peut être effectué à la place de l'essai à l'onde de choc.

Si les conditions ci-dessus sont remplies et si l'isolation solide n'est pas soumise à une contrainte excessive, un essai en courant alternatif avec une valeur de crête correspondant à la tension d'essai prescrite peut être effectué.

8.3 *Résultats à obtenir*

Lorsqu'on applique une tension de crête correspondant au niveau d'isolement désiré, il ne doit pas se produire d'amorçage ou de claquage. Les effluves qui ne provoquent pas de claquage ne sont pas retenus.

8.4 *Circuit d'essai*

A l'étude.

SECTION QUATRE – LIGNES DE FUITE

A l'étude

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

If a sustained voltage of the magnitude of the test voltage cannot harm any of the components in parallel with the clearance under test, a d.c. test may be used instead of the impulse test.

If the above conditions are satisfied and solid insulation is not unduly stressed, an a.c. test with a peak value corresponding to the required test voltage may be used.

8.3 *Results to be obtained*

When a peak voltage according to the desired insulation level is applied, no flash-over or breakdown shall occur. Corona effects which do not result in breakdown are disregarded.

8.4 *Test circuit*

Under consideration.

SECTION FOUR – CREEPAGE DISTANCES

Under consideration

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

ANNEXE A

FACTEURS DE CORRECTION POUR L'ALTITUDE

Altitude (m)	Pression atmosphérique normale (kPa)	Facteur multiplicateur de la distance d'isolement
0	101,3	0,79
500	95,0	0,84
1 000	90,0	0,89
2 000	80,0	1,00
3 000	70,0	1,14
4 000	62,0	1,29
5 000	54,0	1,48
6 000	47,0	1,70
7 000	41,0	1,95
8 000	35,5	2,25
9 000	30,5	2,62
10 000	26,5	3,02
15 000	12,0	6,67
20 000	5,5	14,5

A une altitude donnée, les corrections pour les variations normales de la pression atmosphérique ne sont pas retenues.

Loi de Paschen

La loi de Paschen énonce que, à température constante et au-dessus de la pression critique, la tension disruptive est fonction seulement du produit de la pression du gaz par la distance entre électrodes planes et parallèles.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

APPENDIX A

ALTITUDE CORRECTION FACTORS

Altitude (m)	Normal barometric pressure (kPa)	Multiple factor for distance
0	101.3	0.79
500	95.0	0.84
1 000	90.0	0.89
2 000	80.0	1.00
3 000	70.0	1.14
4 000	62.0	1.29
5 000	54.0	1.48
6 000	47.0	1.70
7 000	41.0	1.95
8 000	35.5	2.25
9 000	30.5	2.62
10 000	26.5	3.02
15 000	12.0	6.67
20 000	5.5	14.5

At a given altitude, corrections for normal variations in barometric pressure are disregarded.

Paschen's law

The law stating that, at a constant temperature and above the critical pressure, the breakdown voltage is a function only of the product of the gas pressure and the distance between parallel plane electrodes.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

TABLEAU AI

Tensions de tenue en kilovolts pour une altitude de 2000 m au-dessus du niveau de la mer

Distance d'isolement	Cas A Champ non homogène			Cas B Champ homogène	
	Courant alternatif (50/60 Hz)		Choc (1,2/50)	Courant alternatif (50/60 Hz)	Courant alternatif (50/60 Hz) et choc (1,2/50)
mm	U eff.	$\hat{U}$	$\hat{U}$	U eff.	$\hat{U}$ et $\hat{U}$ choc
0,010	0,23	0,33	0,33	0,23	0,33
0,012	0,25	0,35	0,35	0,25	0,35
0,015	0,26	0,37	0,37	0,26	0,37
0,020	0,28	0,40	0,40	0,28	0,40
0,025	0,31	0,44	0,44	0,31	0,44
0,030	0,33	0,47	0,47	0,33	0,47
0,040	0,37	0,52	0,52	0,37	0,52
0,050	0,40	0,56	0,56	0,40	0,56
0,0625	0,42	0,60 +	0,60 +	0,42	0,60 +
0,080	0,46	0,65	0,70	0,50	0,70
0,10	0,50	0,70	0,81	0,57	0,81
0,12	0,52	0,74	0,91	0,64	0,91
0,15	0,57	0,80	1,04 +	0,74	1,04
0,20	0,62	0,88	1,15	0,89	1,26
0,25	0,67	0,95	1,23	1,03	1,45
0,30	0,71	1,01	1,31	1,15	1,62
0,40	0,78	1,11	1,44	1,38	1,95
0,50	0,84	1,19	1,55	1,59	2,25
0,60	0,90	1,27	1,65	1,79	2,53
0,80	0,98	1,39	1,81	2,15	3,04
1,0	1,06	1,50 +	1,95	2,47	3,50 +
1,2	1,20	1,70	2,20	2,89	4,09
1,5	1,39	1,97	2,56	3,50	4,95
2,0	1,68	2,38	3,09	4,48	6,33
2,5	1,96	2,77	3,60	5,41	7,65
3,0	2,21	3,13	4,07	6,32	8,94
4,0	2,68	3,79	4,93	8,06	11,4
5,0	3,11	4,40	5,72	9,76	13,8
6,0	3,51	4,97	6,46	11,5	16,2
8,0	4,26	6,03	7,84	14,6	20,7
10,0	4,95	7,00 +	9,10	17,7	25,0 +
12,0	5,78	8,18	10,6	20,9	29,6
15,0	7,00	9,90	12,9	25,7	36,4
20,0	8,98	12,7	16,4	33,5	47,4
25,0	10,8	15,3	19,9	41,2	58,3
30,0	12,7	17,9	23,3	48,8	69,0
40,0	16,2	22,9	29,8	63,6	90,0
50,0	19,6	27,7	36,0	78,5	111,0
60,0	22,8	32,3	42,0	92,6	131,0
80,0	29,2	41,3	53,7	120,9	171,0
100,0	35,4	50,0 +	65,0	148,5	210,0 +

Pour simplifier, les valeurs mesurées statistiquement selon le tableau AI ci-dessus sont remplacées par une ligne droite entre les valeurs marquées « + » sur un diagramme log-log tenant compte des facteurs de correction de 0 à 2000 m d'altitude. Les valeurs intermédiaires sont tirées de ce diagramme (voir figure A1, page 41) de sorte qu'elles comprennent les valeurs mesurées avec une faible marge de sécurité. Les valeurs de U eff. s'obtiennent en divisant les valeurs de $\hat{U}$ par $\sqrt{2}$.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

TABLE AI

Withstand voltages in kilovolts for an altitude of 2 000 m above sea level

Clearance	Case A Inhomogeneous field			Case B Homogeneous field	
	A.C. (50/60 Hz)		Impulse (1.2/50)	A.C. (50/60 Hz)	A.C. (50/60 Hz) and impulse (1.2/50)
mm	U r.m.s.	$\hat{U}$	$\hat{U}$	U r.m.s.	$\hat{U}$ and $\hat{U}$ impulse
0.010	0.23	0.33	0.33	0.23	0.33
0.012	0.25	0.35	0.35	0.25	0.35
0.015	0.26	0.37	0.37	0.26	0.37
0.020	0.28	0.40	0.40	0.28	0.40
0.025	0.31	0.44	0.44	0.31	0.44
0.030	0.33	0.47	0.47	0.33	0.47
0.040	0.37	0.52	0.52	0.37	0.52
0.050	0.40	0.56	0.56	0.40	0.56
0.0625	0.42	0.60 +	0.60 +	0.42	0.60 +
0.080	0.46	0.65	0.70	0.50	0.70
0.10	0.50	0.70	0.81	0.57	0.81
0.12	0.52	0.74	0.91	0.64	0.91
0.15	0.57	0.80	1.04 +	0.74	1.04
0.20	0.62	0.88	1.15	0.89	1.26
0.25	0.67	0.95	1.23	1.03	1.45
0.30	0.71	1.01	1.31	1.15	1.62
0.40	0.78	1.11	1.44	1.38	1.95
0.50	0.84	1.19	1.55	1.59	2.25
0.60	0.90	1.27	1.65	1.79	2.53
0.80	0.98	1.39	1.81	2.15	3.04
1.0	1.06	1.50 +	1.95	2.47	3.50 +
1.2	1.20	1.70	2.20	2.89	4.09
1.5	1.39	1.97	2.56	3.50	4.95
2.0	1.68	2.38	3.09	4.48	6.33
2.5	1.96	2.77	3.60	5.41	7.65
3.0	2.21	3.13	4.07	6.32	8.94
4.0	2.68	3.79	4.93	8.06	11.4
5.0	3.11	4.40	5.72	9.76	13.8
6.0	3.51	4.97	6.46	11.5	16.2
8.0	4.26	6.03	7.84	14.6	20.7
10.0	4.95	7.00 +	9.10	17.7	25.0 +
12.0	5.78	8.18	10.6	20.9	29.6
15.0	7.00	9.90	12.9	25.7	36.4
20.0	8.98	12.7	16.4	33.5	47.4
25.0	10.8	15.3	19.9	41.2	58.3
30.0	12.7	17.9	23.3	48.8	69.0
40.0	16.2	22.9	29.8	63.6	90.0
50.0	19.6	27.7	36.0	78.5	111.0
60.0	22.8	32.3	42.0	92.6	131.0
80.0	29.2	41.3	53.7	120.9	171.0
100.0	35.4	50.0 +	65.0	148.5	210.0 +

For simplification the statistical measured values according to Table AI above are replaced by straight lines between the values marked "+" in a double logarithmic diagram taking into account the correction factors from 0 to 2000 m altitude. The intermediate values are taken from that diagram (see Figure A1, page 41) so that they enclose the measured values with a small safety margin. The values of U r.m.s. are found by dividing the values of $\hat{U}$ by $\sqrt{2}$.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

– Page blanche –

– Blank page –

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

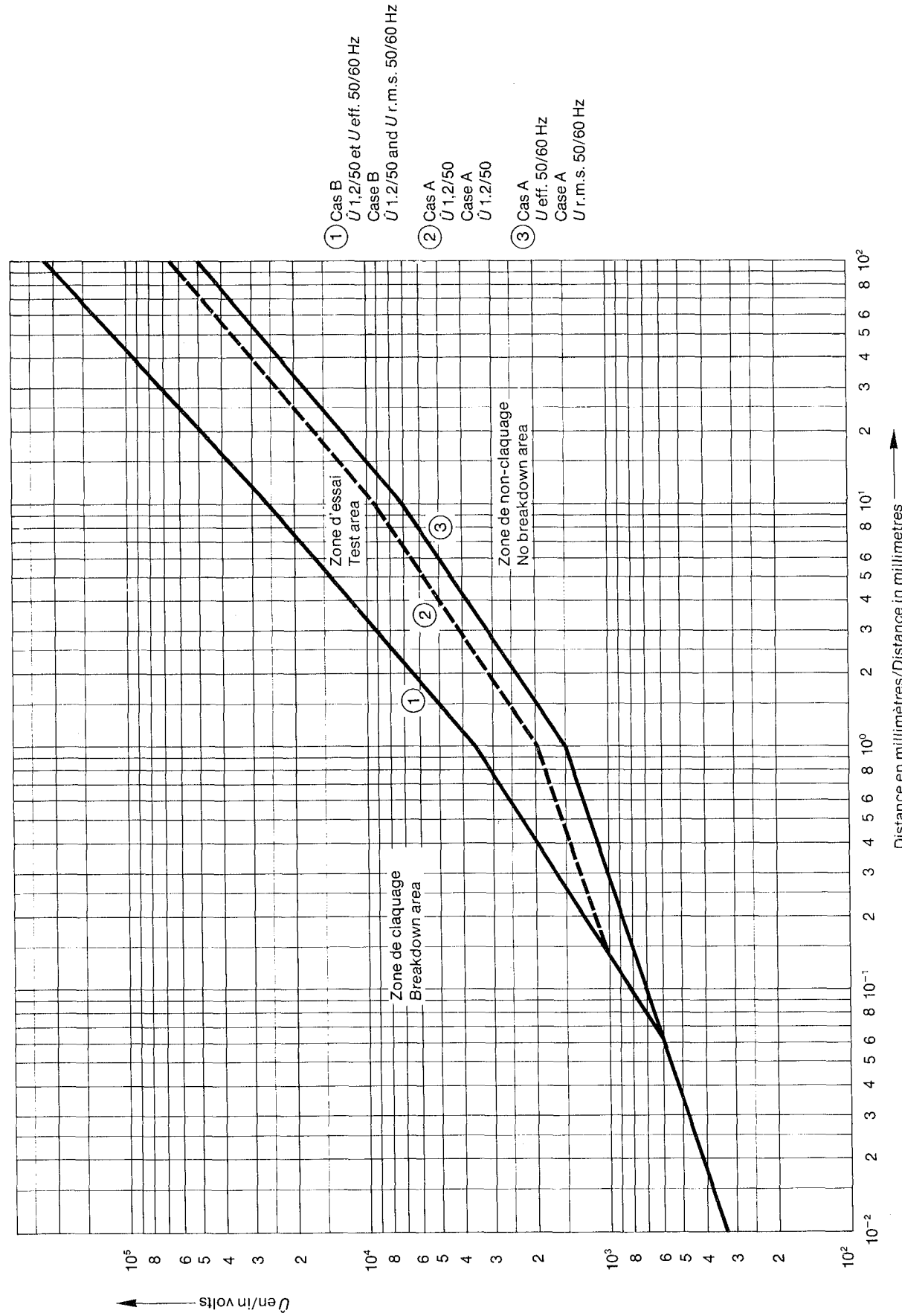


FIG. A1. – Tension de tenue pour une altitude de 2 000 m au-dessus du niveau de la mer.
Withstand voltage for an altitude of 2 000 m above sea level.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

TABLEAU AII

Distances d'isolement dans l'air	Champ non homogène (entre pointe et plan)				Champ homogène (entre sphère et plan)		
	Tensions disruptives		Limite inférieure de tension[1)]		Tensions disruptives		Limite inférieure de tension
mm	$\hat{U}$-50 Hz	$\hat{U}$-1,2/50	$\hat{U}$-50 Hz	$\hat{U}$-1,2/50	$\hat{U}$-50 Hz	$\hat{U}$-1,2/50	$\hat{U}$-50 Hz et $\hat{U}$-1,2/50
0,010	–	360			360	360	
0,012	–	–			–	–	
0,015	–	–			–	–	
0,020	–	460			430	460	
0,025	–	–			–	–	
0,030	–	560			500	560	
0,040	–	640			580	640	
0,050	–	720	600	600	650	720	600
0,060	–	800	631	674	700	800	674
0,080	–	930	701	809	820	930	809
0,10	780	1 030	754	932	980	1 030	932
0,12	–	–	801	1 041	–	–	1 047
0,15	–	–	863	1 121	–	–	1 207
0,20	990	1 500	949	1 234	–	1 530	1 449
0,25	–	–	1 041	1 327	–	–	1 670
0,30	1 200	1 670	1 085	1 410	–	2 030	1 876
0,40	1 370	1 750	1 193	1 551	–	2 410	2 250
0,50	1 440	1 900	1 284	1 669	2 700	2 810	2 600
0,60	–	–	1 364	1 773	–	–	2 910
0,80	–	–	1 500	1 950	–	–	3 500
1,0	1 940	2 500	1 742	2 265	4 500	4 640	4 230
1,2	2 300	2 650	1 967	2 560	–	5 370	4 950
1,5	2 660	3 140	2 280	2 960	6 000	6 360	5 990
2,0	3 150	3 600	2 770	3 600	7 500	7 820	7 650
2,5	–	–	3 210	4 170	–	–	9 260
3,0	3 680	5 100	3 630	4 720	11 200	–	10 820
4,0	–	6 700	4 400	5 720	–	–	13 830
5,0	5 370	–	5 110	6 640	16 800	–	16 740
6,0	–	–	5 770	7 500	–	–	19 560
8,0	7 920	–	7 000	9 100	26 000	–	25 000
10,0	9 480	–	8 470	11 010	31 700	–	30 700
12,0	10 900	–	9 900	12 870	–	–	36 400
15,0	12 600	–	11 970	15 560	45 500	–	44 700
20,0	15 600	–	15 310	19 900	59 000	–	58 300
25,0	22 000	–	18 520	24 100	–	–	71 700
30,0	27 600	–	21 600	28 100	86 000	–	84 800
40,0	33 900	–	27 700	36 000	112 000	–	110 700
50,0	38 900	–	33 500	43 600	138 000	–	136 000
60,0	43 100	–	39 100	50 800	164 000	–	161 000
80,0	52 300	–	50 000	65 000	215 000	–	210 000

[1)] Limite inférieure de tension $\hat{U}$-1,2/50 = 1,3 × $\hat{U}$-50 Hz au-dessus de 0,12 mm.

Notes 1. – Valeurs expérimentales exprimées en volts et mesurées approximativement au niveau de la mer avec leurs limites inférieures.
Ces valeurs sont obtenues sous exposition au rayonnement ultraviolet.

2. – Les valeurs encadrées indiquent les points d'interruption de la courbe 4 sur la figure A2, page 44.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

TABLE AII

Clearances in air	Inhomogeneous field (point to plane)				Homogeneous field (sphere to plane)		
	Breakdown voltages		Low limit voltages[1]		Breakdown voltages		Low limit voltages
mm	$\hat{U}$-50 Hz	$\hat{U}$-1.2/50	$\hat{U}$-50 Hz	$\hat{U}$-1.2/50	$\hat{U}$-50 Hz	$\hat{U}$-1.2/50	$\hat{U}$-50 Hz and $\hat{U}$-1.2/50
0.010	–	360			360	360	
0.012	–	–			–	–	
0.015	–	–			–	–	
0.020	–	460			430	460	
0.025	–	–			–	–	
0.030	–	560			500	560	
0.040	–	640			580	640	
0.050	–	720	600	600	650	720	600
0.060	–	800	631	674	700	800	674
0.080	–	930	701	809	820	930	809
0.10	780	1 030	754	932	980	1 030	932
0.12	–	–	801	1 041	–	–	1 047
0.15	–	–	863	1 121	–	–	1 207
0.20	990	1 500	949	1 234	–	1 530	1 449
0.25	–	–	1 041	1 327	–	–	1 670
0.30	1 200	1 670	1 085	1 410	–	2 030	1 876
0.40	1 370	1 750	1 193	1 551	–	2 410	2 250
0.50	1 440	1 900	1 284	1 669	2 700	2 810	2 600
0.60	–	–	1 364	1 773	–	–	2 910
0.80	–	–	1 500	1 950	–	–	3 500
1.0	1 940	2 500	1 742	2 265	4 500	4 640	4 230
1.2	2 300	2 650	1 967	2 560	–	5 370	4 950
1.5	2 660	3 140	2 280	2 960	6 000	6 360	5 990
2.0	3 150	3 600	2 770	3 600	7 500	7 820	7 650
2.5	–	–	3 210	4 170	–	–	9 260
3.0	3 680	5 100	3 630	4 720	11 200	–	10 820
4.0	–	6 700	4 400	5 720	–	–	13 830
5.0	5 370	–	5 110	6 640	16 800	–	16 740
6.0	–	–	5 770	7 500	–	–	19 560
8.0	7 920	–	7 000	9 100	26 000	–	25 000
10.0	9 480	–	8 470	11 010	31 700	–	30 700
12.0	10 900	–	9 900	12 870	–	–	36 400
15.0	12 600	–	11 970	15 560	45 500	–	44 700
20.0	15 600	–	15 310	19 900	59 000	–	58 300
25.0	22 000	–	18 520	24 100	–	–	71 700
30.0	27 600	–	21 600	28 100	86 000	–	84 800
40.0	33 900	–	27 700	36 000	112 000	–	110 700
50.0	38 900	–	33 500	43 600	138 000	–	136 000
60.0	43 100	–	39 100	50 800	164 000	–	161 000
80.0	52 300	–	50 000	65 000	215 000	–	210 000

[1] Low limit voltage $\hat{U}$-1.2/50 = 1.3 × $\hat{U}$-50 Hz above 0.12 mm.

Notes 1. – Experimental data in volts measured at approximately sea level and their low limits.
The values are obtained under ultra-violet exposure.

2. – Boxed values show breakpoints of line 4 in Figure A2, page 44.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

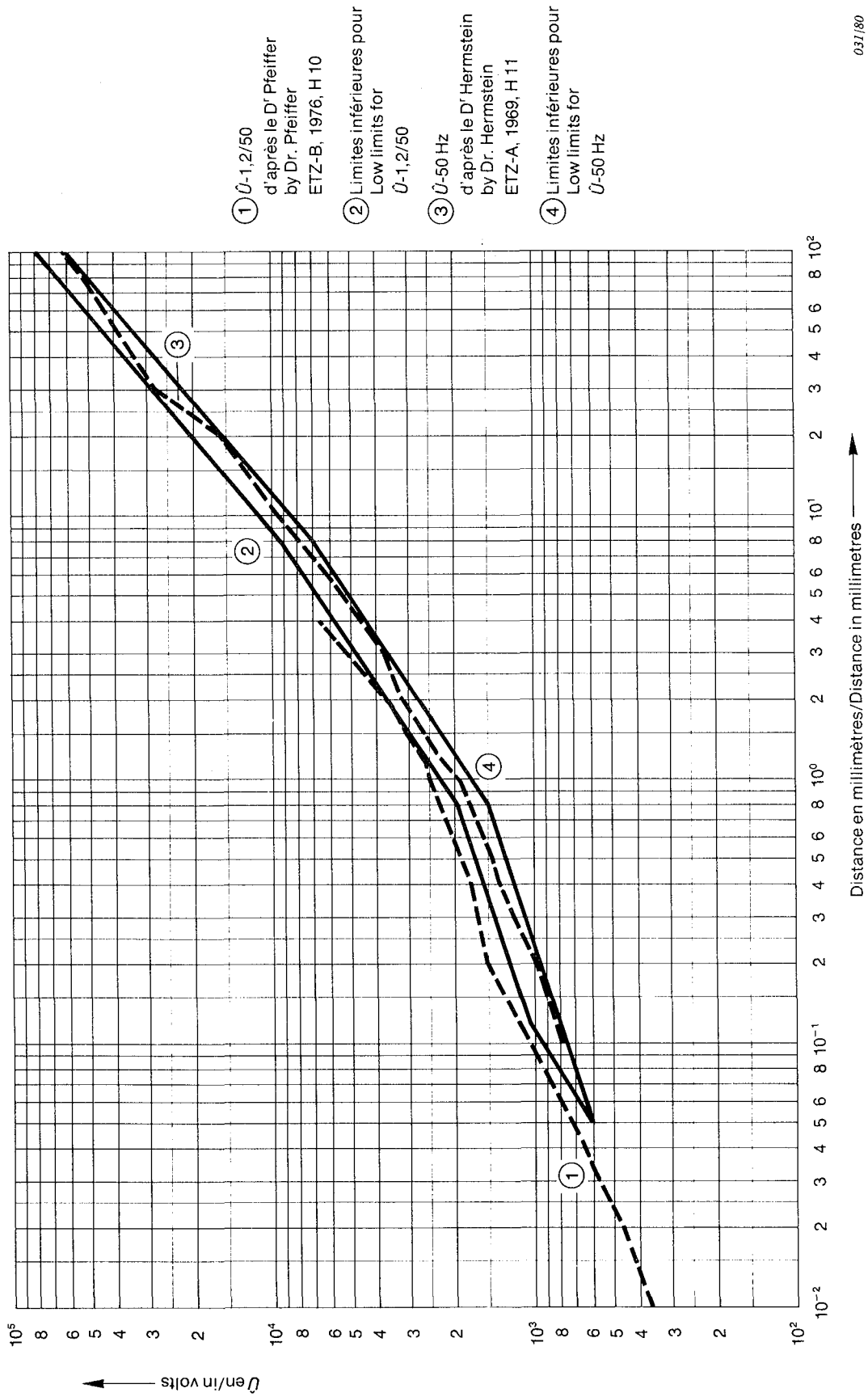


FIG. A2. – Valeurs expérimentales mesurées approximativement au niveau de la mer avec leurs limites inférieures pour des champs non homogènes.
Experimental data measured at approximately sea level and their low limits for inhomogeneous field.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

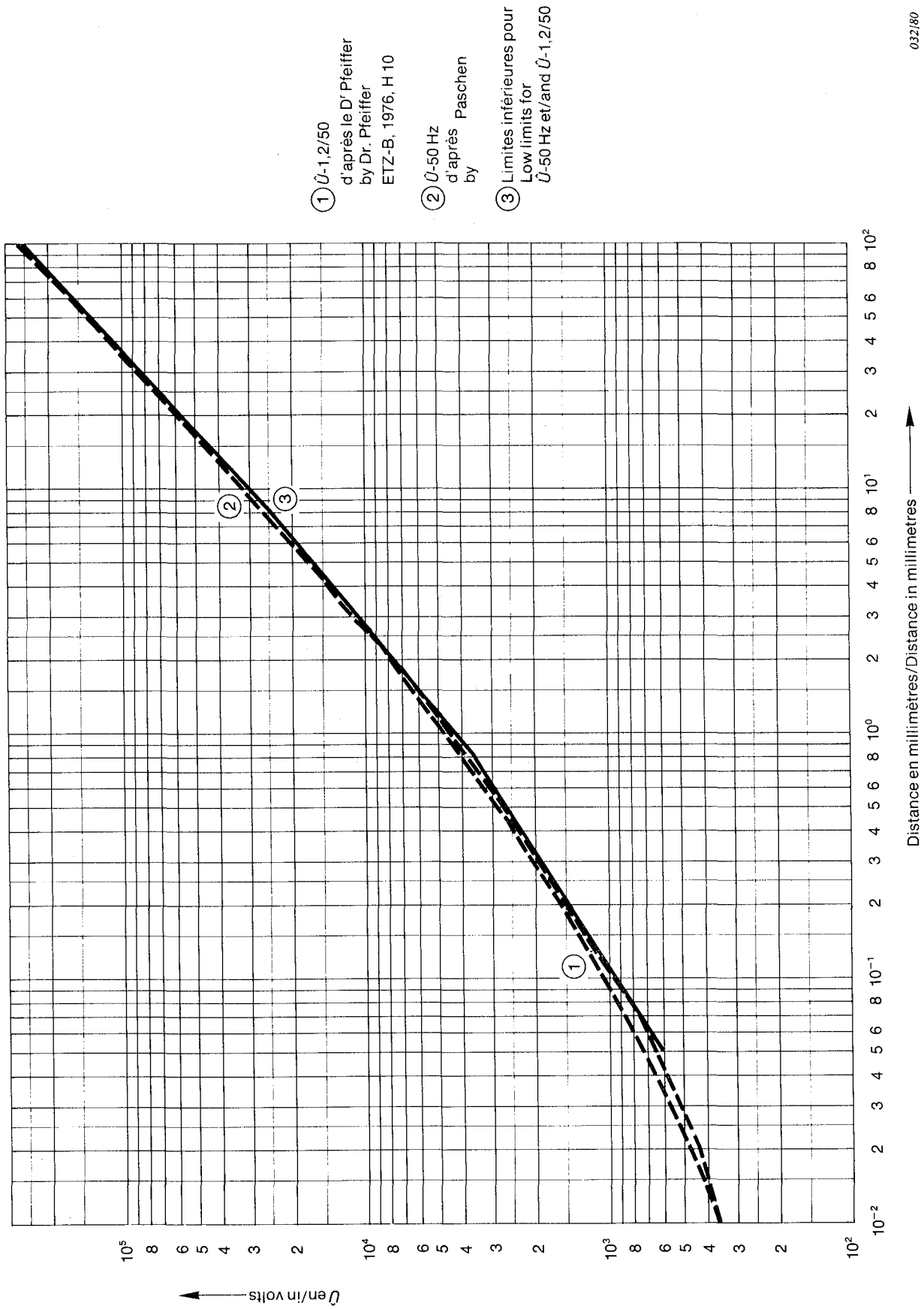


FIG. A3. – Valeurs expérimentales mesurées approximativement au niveau de la mer avec leurs limites inférieures pour les champs homogènes.
Experimental data measured at approximately sea level and their low limits for homogeneous field.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

A1. Conduction à travers un gaz

La conduction à travers un gaz (air) peut prendre naissance sous différentes formes classées comme suit:

1) Effluve.
2) Décharge luminescente.
3) Etincelle.
4) Arc.

On peut passer d'une forme à l'autre par une succession rapide en fonction des conditions présentes. La formation d'un arc dépend de la présence d'un champ électrique qui tend à arracher des électrons aux noyaux à charge positive des atomes du gaz situé entre les électrodes. Dans de bonnes conditions, ces électrons entrent en collision avec d'autres électrons et les libèrent de leurs liaisons atomiques par un processus d'avalanche. Il s'ensuit un flux d'électrons, c'est-à-dire un courant électrique et la décharge en arc.

A2. Rupture diélectrique d'un gaz

La rupture diélectrique d'un gaz dans un champ électrique uniforme dépend du produit de la pression de ce gaz et de l'espacement des électrodes (loi de Paschen) pour un mélange de gaz donné et des électrodes de forme et de matière définies. La valeur de crête du potentiel minimal d'étincelle ($\hat{U}$) pour quelques gaz est la suivante:

Air	327 V
Azote (N_2)	251 V
Hydrogène (H_2)	273 V
Oxygène (O_2)	439 V
Dioxyde de carbone (CO_2)	419 V
Hélium (He)	156 V
Acétylène (C_2H_2)	468 V
Dioxyde de soufre (SO_2)	457 V

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

A1. Conduction through a gas

The conduction through a gas (air) may be initiated in different forms classified as follows:

1) Corona.
2) Glow discharge.
3) Spark.
4) Arc.

One form may give place to another in quick succession, depending upon attendant conditions. Arc formation depends upon the presence of an electric field which tends to strip electrons from the positively charged nuclei of the atoms of the gas between electrodes. Under the right conditions, these electrons collide with other electrons and release them from their atomic bonds in a cascading fashion. The net result is a flow of electrons, i.e., electric current and arc discharge.

A2. Dielectric breakdown of a gas

The dielectric breakdown of a gas in a uniform electric field depends upon the product of the gas pressure and the electrode spacing (Paschen's law) for a given gas mixture, electrode shape and material. The peak value of the minimum sparking potential ($\hat{U}$) for some gases is as follows:

Air	327 V
Nitrogen (N_2)	251 V
Hydrogen (H_2)	273 V
Oxygen (O_2)	439 V
Carbon dioxide (CO_2)	419 V
Helium (He)	156 V
Acetylene (C_2H_2)	468 V
Sulphur dioxide (SO_2)	457 V

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

ANNEXE B

MOYENS DE CONTRÔLE DES SURTENSIONS TRANSITOIRES (PARAFOUDRES)

Dans le cadre du présent rapport, les parafoudres sont destinés à protéger les valeurs de distances d'isolement données contre les amorçages qui peuvent être provoqués par des surtensions.

On peut remarquer que, d'après le tableau II du rapport, la distance d'isolement dans l'air supportera une onde de choc normalisée de 1,2/50 μs, dépendant uniquement de la configuration des électrodes et de la pression atmosphérique.

Le cas A dans le tableau II indique la situation la plus défavorable qui correspond aux conditions les moins uniformes du champ électrique et le cas B indique la situation la plus favorable correspondant aux conditions les plus uniformes du champ électrique, pour supporter des valeurs données de tensions de choc.

Inversement, le tableau AI de l'annexe A donne les valeurs de tension de tenue aux chocs pour les conditions du champ électrique des cas A et B pour des valeurs données de distances d'isolement. Les tensions correspondantes en valeur efficace et en valeur de crête sont également données.

Il s'ensuit donc que toute distance d'isolement est en fait un dispositif à éclateur et que chaque distance d'isolement possède une gamme de valeurs de tension de tenue aux chocs possible depuis les valeurs du cas A jusqu'à celles du cas B dépendant seulement de la configuration des électrodes (à une pression atmosphérique ou à une altitude donnée).

Il est donc évident que les distances d'isolement amorcent lorsque la tension de choc dépasse la valeur de la tension de tenue aux chocs. Dans les systèmes (réseaux) électriques qui ne possèdent pas de parafoudres particulièrement destinés à prévenir les amorçages, les distances d'isolement amorcent lorsque la valeur de la tension de tenue aux chocs est dépassée. Le résultat d'un amorçage peut être insignifiant ou catastrophique selon la quantité d'énergie de choc à dissiper, la tension à fréquence industrielle, le courant de suite existant, etc. Le courant de suite résultant d'un amorçage peut également affecter le comportement des matériaux isolants.

Le simple éclateur dans l'air, ou la distance d'isolement, peut être utilisé comme parafoudre pour protéger d'autres distances d'isolement contre les amorçages provoqués par des surtensions lorsqu'il est utilisé dans ses limites.

L'apparition d'un courant de suite provoqué par une tension d'amorçage aux chocs est imprévisible puisqu'elle dépend de la relation de temps entre l'onde d'amorçage et le courant dans le circuit, de l'ionisation présente entre les électrodes provoquée par l'onde d'amorçage, de la configuration du champ électrique entre les électrodes, de la nature du matériau constituant l'électrode, aussi bien que de la caractéristique de l'impédance d'onde du circuit.

Une autre considération d'ordre pratique est la tension disruptive d'un intervalle dans l'air. On peut voir d'après le tableau II que la valeur de crête minimale de la tension de choc est de 330 V pour un intervalle de 0,01 mm. C'est un critère pratiquement impossible à mettre en œuvre. 0,5 mm pourrait être une dimension minimale plus pratique qui supporterait une tension de choc de 1 500 V. Par conséquent, si de faibles distances d'isolement, d'une valeur inférieure à 0,5 mm, doivent être protégées, il peut s'avérer impossible d'utiliser un simple intervalle dans l'air.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

APPENDIX B

TRANSIENT OVERVOLTAGE CONTROL MEANS (SURGE ARRESTER DEVICES)

For the purpose of this report, surge arrester devices are to protect given clearance values from sparkovers which may be caused by overvoltages.

From Table II of the report, it can be seen that a clearance in air will withstand a standard 1.2/50 μs impulse, depending solely upon the electrode configuration and air pressure.

Table II shows the most unfavourable Case A, that is, the most non-uniform electric field conditions, and the most favourable Case B, that is, the most uniform electric field conditions to withstand given values of impulse voltages.

Conversely, Table AI of Appendix A shows withstand values of impulse voltages for Case A and Case B electric field conditions for given values of clearance. Corresponding r.m.s. and peak values of voltage are also given.

It follows, then, that every clearance is actually a spark-gap device, and that each clearance has an impulse withstand voltage capability ranging from Case A to Case B values, dependent solely upon electrode configuration (at a given air-pressure or altitude).

It is, therefore, evident that clearances sparkover when impulse voltages exceed the impulse withstand voltage capability. In electrical systems having no specific surge arresters for the purpose of preventing sparkovers, clearances sparkover when the withstand voltage capability is exceeded. The result of sparkover may be insignificant or catastrophic depending upon the amount of impulse energy to be dissipated, the power frequency voltage, and the available power follow current etc. The follow current resulting from a sparkover may also affect the performance of insulation materials.

The simple spark gap in air, or clearance, can be used as a surge arrester to protect other clearances from sparkover due to overvoltages, when used within its limitations.

The occurrence of power follow current due to an impulse voltage sparkover is unpredictable, as it depends upon the time relationship of the impulse sparkover and the power current in the circuit, the ionization present between electrodes due to the impulse sparkover, the configuration of the electric field between the electrodes, the electrode material, as well as the surge impedance characteristic of the circuit.

Another practical consideration is the breakdown voltage of the air gap. From Table II it can be seen that the minimum peak value of impulse voltage is 330 V, for a 0.01 mm gap. This is a rather impractical design criteria. A more practical minimum dimension might be 0.5 mm, which will withstand 1 500 V impulse. Therefore, if small values of clearance less than 0.5 mm are to be protected, the simple air-gap might be impractical.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

NOTE EXPLICATIVE

GUIDE D'APPLICATION POUR LES DISTANCES D'ISOLEMENT ET LA COORDINATION DE L'ISOLEMENT FONDÉE SUR LES DISTANCES D'ISOLEMENT

Distances d'isolement

Les recommandations et les données présentées dans ce rapport peuvent être utilisées de différentes façons par les Comités d'Etudes.

On peut fixer une tension assignée de tenue aux chocs pour tous les matériels existants, fondée sur les distances d'isolement utilisées, en se référant au cas A du tableau II. Un Comité d'Etudes peut en variante fixer une tension assignée de tenue aux chocs pour un matériel utilisant des paramètres de conception contrôlés et des techniques de production en spécifiant des essais à l'aide d'un essai de choc approprié.

Le Comité d'Etudes devra prendre en considération les conditions de surtensions transitoires auxquelles ses produits seront soumis.

Lorsque les surtensions transitoires sont contrôlées dans le réseau électrique à l'endroit où le produit sera branché, la valeur contrôlée devient la valeur ou au moins la valeur minimale de la tension assignée de tenue aux chocs pour la chaîne de production.

Lorsque les surtensions transitoires ne sont pas contrôlées dans le système (réseau), le Comité d'Etudes devra prendre en considération les conséquences de l'apparition de surtensions transitoires dépassant la tension assignée de tenue aux chocs. On peut prendre en considération la fourniture ou la prescription de l'utilisation de moyens destinés à limiter la tension aux bornes de la ligne d'alimentation du matériel. Il faut reconnaître que, dans certains cas, une distance d'isolement entre parties conductrices peut être utilisée comme moyen pour limiter les surtensions transitoires si la distance d'isolement et les électrodes sont déterminées comme il convient.

Le Comité d'Etudes peut utiliser à l'intérieur du matériel les distances d'isolement du tableau II fondées sur le contrôle des surtensions transitoires à l'intérieur du matériel, que celles-ci proviennent du circuit d'alimentation ou soient produites à l'intérieur du matériel. Si cela est souhaité, le Comité d'Etudes peut utiliser la série complète de valeurs avec interpolation, donnée dans le tableau II. On peut utiliser indifféremment des essais de tenue aux chocs ou des essais équivalents de tenue à la tension alternative en valeur efficace tels qu'ils sont définis au tableau AI de l'annexe A, pour confirmer la présence de distances d'isolement adéquates. Les tensions continues d'essai de tenue peuvent être considérées comme étant identiques aux valeurs de crête des tensions alternatives indiquées dans le cas A du tableau AI de l'annexe A.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

EXPLANATORY NOTE

APPLICATION GUIDE FOR CLEARANCES AND INSULATION CO-ORDINATION BASED ON CLEARANCE

Clearances

There are several ways in which Technical Committees may use the recommendations and data presented in this report.

A rated impulse withstand voltage may be established for all present equipment based on the clearances used, by reference to Case A, in Table II. A Technical Committee may alternatively establish a rated impulse withstand voltage for equipment using controlled design parameters and production techniques by specifying testing with an appropriate impulse test.

The Technical Committee will need to consider the transient overvoltage conditions to which its products will be subjected.

When transient overvoltages are controlled in the electrical system at the location where the product will be connected, the controlled value becomes the value or at least the minimum value of rated impulse withstand voltage for the product line.

When transient overvoltages are not controlled in the system, the Technical Committee will need to consider the consequences of the appearance of transient overvoltages in excess of the rated impulse withstand voltage. Consideration may be given to the provision of or the specification of the use of voltage limiting means at the line terminals of the equipment. It should be recognized that in some circumstances a clearance between conductive parts may be used as a transient overvoltage limiting means, if the clearance and the electrodes are appropriately evaluated.

Within equipment the Technical Committee may utilize clearances from Table II based on the control within the equipment of transient overvoltages, either those coming from the supply circuit or those generated within the equipment. If desired, the Technical Committee may utilize the complete series of values, with interpolation, given in Table II, or alternatively, impulse withstand or equivalent a.c. r.m.s. withstand tests as defined in Table AI of Appendix A may be used to confirm the presence of adequate clearances. D.C. withstand test voltages may be considered to be the same as the peak a.c. values given under Case A in Table AI of Appendix A.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes N° 28

71: – Coordination de l'isolement.

71-1 (1976) Première partie: Termes, définitions, principes et règles.

71-2 (1976) Deuxième partie: Guide d'application.

Other IEC publications prepared by Technical Committee No. 28

71: – Insulation co-ordination.

71-1 (1976) Part 1: Terms, definitions, principles and rules.

71-2 (1976) Part 2: Application guide.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

PRINTED IN SWITZERLAND
Computer typesetting and printing by Basler Zeitung, Basle

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale