

Commission Electrotechnique Internationale

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation - ISO)

International Electrotechnical Commission

(affiliated to the International Organization for Standardization - ISO)

Directives pour la coordination de l'isolement

1ère Edition

Recommendations for Insulation Co-ordination

1st Edition



Publiées par le
Bureau Central de la C E I
Genève (Suisse)

1954

Droits de reproduction réservés

Published by the
Central Office of the I E C
Geneva (Switzerland)

1954

Copyright All rights reserved

Commission Electrotechnique Internationale

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation - ISO)

International Electrotechnical Commission

(affiliated to the International Organization for Standardization - ISO)

Directives pour la coordination de l'isolement

1^{ère} Edition

Recommendations for Insulation Co-ordination

1st Edition



Publiées par le
Bureau Central de la C E I
Genève (Suisse)

1954

Droits de reproduction réservés

Published by the
Central Office of the I E C
Geneva (Switzerland)

1954

Copyright All rights reserved

SOMMAIRE

PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
CHAPITRE	
I Domaine d'application — Objet des directives	8
II Définitions	8
III Principes de base de la coordination des isolements	12
IV Niveaux d'isolement normalisés	12
V Conditions d'essais	20
VI Distances minima d'isolement dans l'air entre parties sous tension	22

INDEX

FOREWORD	5
PREFACE	5
SECTION	
I Scope and object of the Recommendations	9
II Definitions	9
III Basic principles of insulation co-ordination	13
IV Standard Insulation levels	13
V General testing procedure	21
VI Minimum clearance distances in air between live parts	23

DIRECTIVES POUR LA COORDINATION DE L'ISOLEMENT

(Première édition)

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I 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 cette unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C E I dans la mesure où les conditions nationales le permettent
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but

PRÉFACE

Ce texte est l'aboutissement des réunions du Comité d'Etudes n° 28 qui a été constitué à Paris en 1948, et s'est réuni successivement à

PARIS 1948, STRESA 1949, ESTORIL 1951; SCHEVENINGEN 1952

Au cours de ces réunions les questions de coordination se sont progressivement précisées et les points de vue se sont rapprochés

Il a été estimé alors que la question, loin d'être complètement résolue, était cependant arrivée à une maturité suffisante pour pouvoir faire l'objet d'une première édition de Recommandations de la C E I. Un Comité de Rédaction a été désigné en 1951 à la réunion d'Estoril, pour commencer ce travail, qui a été achevé en 1952 après la réunion de Scheveningen

Le projet a été soumis aux Comités nationaux en mars 1953 suivant la Règle des Six Mois. Il a été ensuite revu par le Secrétariat et le Président du Comité d'Etudes n° 28, pour tenir compte des observations reçues et le nouveau texte a été soumis à la Procédure des Deux Mois

Ce projet a été approuvé par les pays suivants:

Autriche	Italie
Belgique	Japon
Danemark	Pays-Bas
Etats-Unis d'Amérique	Royaume-Uni
Finlande	Suisse
France	Union Sud-africaine
Inde	Yougoslavie

Le projet a été finalement revu par le Secrétariat et le Président du Comité d'Etudes n° 28, pour tenir compte des observations exprimées dans le vote, ce qui a pu être fait pour la plupart d'entre elles en respectant l'esprit des travaux du Comité

RECOMMENDATIONS FOR INSULATION CO-ORDINATION

(First edition)

FOREWORD

- (1) The formal decisions or agreements of the I E C 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 this international unification, the I E C expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I E C recommendations as the fundamental basis for these rules insofar as national conditions will permit
- (4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations insofar as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This publication is the result of meetings of Technical Committee No 28, which was set up in Paris, 1948, held in —

PARIS, 1948, STRESA, 1949; ESTORIL, 1951; SCHEVENINGEN, 1952

During these meetings the problems of co-ordination became progressively apparent and view points on them were brought closer together.

It was then considered that the question, although far from being completely settled, had nevertheless been brought to a point where a first edition of an I E C Recommendation on the subject could be issued. An Editing Committee was appointed at the Estoril meeting in 1951, to start this work, which was completed in 1952 after the Scheveningen meeting.

The draft was submitted to the National Committees in March, 1953, for approval under the Six Months' Rule. After a revision by the Secretariat and Chairman of Technical Committee No 28, to take into account the comments received, a second draft was submitted for approval under the Two Months' Procedure.

This latter draft was explicitly approved by the following countries:—

Austria	Japan
Belgium	Netherlands
Denmark	Switzerland
Finland	Union of South Africa
France	United Kingdom
India	United States of America
Italy	Yugoslavia

Before publication the text was finally revised by the Secretariat and Chairman of Technical Committee No 28 to take into account the opinions expressed during the voting. In the majority of cases it was found possible to do this whilst respecting the spirit of the work of the Technical Committee.

REMARQUE POUR LES COMITÉS DE LA C E I CHARGÉS DES MATÉRIELS PARTICULIERS

Il est désirable que les divers comités de la C E I chargés des matériels particuliers prennent en considération en priorité les recommandations du présent document pour les questions d'isolation — donc que ses prescriptions aient un caractère d'indication numérique très nette pour les autres comités, et que le Comité d'Etudes n° 28 soit mis à même de donner en temps utile son avis (sans qu'il en résulte de retard apporté au travail de ces comités) sur ceux de leurs problèmes d'isolation qui ont une relation directe avec la normalisation et la coordination des isolements et qui intéressent à cet égard la sécurité générale des installations

Nota : Il est reconnu que la présente édition est incomplète, particulièrement sur les points suivants:

1) Il est indiqué au chapitre III « Principes de base de la coordination » que la notion de coordination implique essentiellement que l'on ait précisé le niveau de tenue au choc du matériel et le niveau de protection au choc des dispositifs de protection contre les surtensions. Or le document précise bien le tableau des *niveaux de tenue au choc* du matériel; mais il n'a pas été possible de préciser le tableau correspondant des *niveaux de protection au choc* pour les différents échelons de tension U_m , tant que ces niveaux ne sont pas définis sans ambiguïté selon le dispositif de protection contre les surtensions, avec spécification des méthodes d'essai correspondantes; et tant que la marge entre niveau de tenue et de protection n'est pas précisée; ce tableau ne pourra être établi qu'en liaison avec le Comité d'Etudes n° 37 à la suite du travail en cours

On s'est toutefois assuré que le tableau des niveaux de tenue au choc du présent document était dans l'ensemble en accord avec les niveaux de protection généralement réalisables, comme il est indiqué page 12

2) Quelques précisions ont été données sur les conditions de tenue de l'isolation externe d'un matériel à la masse et entre phases, et sur les conditions de contrôle de cette tenue à sec et sous pluie, tant à fréquence industrielle qu'au choc. Cette question, qui est importante pour ceux des appareils où l'isolation externe est un facteur important du dimensionnement du matériel, devra être complétée pour tenir compte des conditions atmosphériques (séparées ou associées) de pluie, humidité, pollution, éventuellement irradiation. Elle est à l'ordre du jour des travaux du comité

Le chapitre de ce problème général relatif aux distances minimum dans l'air entre parties sous tension (à la masse et entre phases) est indiqué dans le présent document comme à l'étude; cette question a fait l'objet d'une enquête auprès des Comités nationaux et pourra probablement figurer dans la prochaine édition

NOTE FOR THE I E C SPECIALIZED EQUIPMENT TECHNICAL COMMITTEES

It is desirable that the several I E C Technical Committees working on specialized equipment should take into consideration the recommendations of this publication for insulation questions as a matter of priority. Therefore, its stipulations have a clear numerical information character for these committees. Technical Committee No. 28 should be informed of those insulation problems which have a direct relationship with standardization and co-ordination of insulation and which are important in this respect to the general safety of installations well in time, so that it can give its opinion without any delay being caused in the work of the specialized Committees concerned.

Note : It is recognized that this edition is incomplete, in particular as far as the following points are concerned:—

(1) It is mentioned in Section III, Basic Principles of Insulation Co-ordination, that the idea of co-ordination implies that the impulse withstand level of equipment and the impulse protection level of overvoltage protective devices are known. The publication contains a table of *impulse withstand levels* for equipment, but it has not been possible to give the corresponding table of *impulse protection levels* for the different voltage steps U_m , as long as these levels are not defined unambiguously in accordance with the overvoltage protective devices, with specification of the corresponding test methods, and the margin between withstand level and protection level has not been stated. This table can only be drawn up in liaison with Technical Committee No. 37: Lightning Arresters, when the work at present being undertaken by this latter committee is completed.

However, the impulse withstand levels shown in the table of this publication are in general agreement with the protection levels generally obtainable, as mentioned on page 13.

(2) Some indications are given about the withstand conditions of external insulation of apparatus to frame and between phases, and on the corresponding test conditions for the dry and wet power-frequency or impulse conditions. This question, which is of importance for those apparatus whose external insulation is an important factor in the design, should be completed with due regard to the atmospheric conditions (separately or in association) of rain, humidity, pollution, and possibly irradiation. The subject is under discussion in the Committee.

The section on this general problem of minimum clearance distances in air between live parts (to frame and between phases) is mentioned in this document as being “under consideration”. An inquiry into this question has already been made amongst the National Committees and it is probable that this section will be included in the next edition of this publication.

I — DOMAINE D'APPLICATION — OBJET DES DIRECTIVES

Les présentes directives s'appliquent à tous les matériels pour réseaux à courants alternatifs d'une tension nominale supérieure à 1 kV qui sont utilisés dans les installations en situation exposée (voir définition 3)

Elles ne s'appliquent pas aux générateurs et machines tournantes (qui feront l'objet d'indications ultérieures), ni aux câbles souterrains et lignes aériennes

L'objet des présentes directives est de normaliser la spécification de l'isolement des divers matériels utilisés dans une installation donnée. Il appartient à chaque comité chargé d'une catégorie de matériel de réglementer les conditions d'essai appropriées à ce matériel, mais les valeurs des tensions d'essais devront être conformes à la gamme des niveaux d'isolement normalisés que l'on trouvera aux pages 16 et 18 des présentes directives (1)

II — DÉFINITIONS

Les définitions suivantes sont adoptées dans le cadre des présentes directives:

1 **Tension nominale d'un réseau** Valeur de la tension efficace entre phases par laquelle le réseau est dénommé

2 **Tension la plus élevée d'un réseau** Valeur la plus élevée de la tension efficace entre phases qui peut se présenter à un instant et en un point quelconques du réseau dans les conditions d'exploitation normales. Cette valeur ne tient pas compte des variations temporaires de tension dues aux défauts et au déclenchement brusque de charges importantes

3 **Installation en situation exposée** Installation dans laquelle le matériel est soumis à des surtensions d'origine atmosphérique

Nota: Ces installations sont généralement connectées à des lignes aériennes, soit directement ou par une courte longueur de câble

4 **Installation en situation non exposée** Installation dans laquelle le matériel n'est pas soumis à des surtensions d'origine atmosphérique

Nota: Ces installations sont généralement connectées à un réseau de câbles souterrains (2)

5 **Isolement externe** Isolement des parties externes d'un appareil qui comporte des distances de séparation dans l'air ou des surfaces isolantes dans l'air, soumises à la fois à une contrainte diélectrique et à l'influence de conditions atmosphériques ou d'agents extérieurs tels que l'humidité, la poussière, les animaux, la pollution, etc

1) Si l'on désire dans des cas exceptionnels avoir, pour une tension de réseau donnée un niveau d'isolement différent de celui du tableau, les tensions de tenue au choc devront être choisies parmi les chiffres figurant dans le tableau avec les tensions d'essai à fréquence industrielle correspondantes (Ces tensions d'essai à fréquence industrielle sont des valeurs minima, compte tenu des commentaires de la page 14)

2) Dans le cas d'une installation reliée au côté secondaire d'un transformateur dont le primaire est relié à une installation en situation exposée, la coordination de l'isolement demande examen particulier

I — SCOPE AND OBJECT OF THE RECOMMENDATIONS

The recommendations apply to all apparatus for A C systems, having nominal voltages above 1 kV, for use in exposed installations (see Definition 3)

They do not apply to generators and rotating machines (these types of apparatus will be considered subsequently), nor to underground cables and overhead lines

The object of the recommendations is to standardize the specification of the insulation of the various apparatus to be used in a given installation. Each apparatus committee is responsible for specifying a test procedure suitable for the apparatus concerned, but the values of the test voltages should conform with the recommended scale of standardized insulation levels (1) on Pages 17 and 19 of these recommendations

II — DEFINITIONS

The following definitions have been adopted for the purpose of these recommendations —

1 **The nominal voltage of a system** is the r m s line-to-line voltage by which the system is designated

2 **The highest voltage of a system** is the highest r m s line-to-line voltage which can be sustained under normal operating conditions at any time and at any point on the system. It excludes temporary voltage variations due to fault conditions and the sudden disconnection of large loads

3 **An exposed installation** is an installation in which the apparatus is subject to overvoltages of atmospheric origin

Note : Such installations are usually connected to overhead transmission lines, either directly, or through a short length of cable

4 **A non-exposed installation** is an installation in which the apparatus is not subject to overvoltages of atmospheric origin

Note : Such installations are usually connected to cable networks (2)

5 **External insulation** is the insulation of the external part of apparatus consisting of gaps through air or across insulating surfaces in air, and subject at the same time to dielectric stresses and the effect of atmospheric and external conditions, such as humidity, dust, vermin, pollution, etc

(1) If in exceptional circumstances it is desired to have a different insulation level for a given system voltage, the impulse withstand voltages should be chosen in accordance with the numbers appearing in the relevant column in the table, together with the corresponding power-frequency test voltages. (These power-frequency test voltages are minima values, taking into account the comments on Page 15)

(2) In the case of an installation connected to the secondary side of a transformer whose primary is in an exposed situation, the insulation co-ordination requires special consideration

6 Isolement interne Isolement des parties intérieures d'un appareil qui ne sont pas soumises à l'influence de conditions atmosphériques ou d'agents extérieurs tels que l'humidité, la poussière, la vermine, la pollution, etc

Exemple : isolement immergé dans l'huile

Nota : Tous les matériels, sauf ceux raccordés par boîtes à câbles comportent à la fois une isolation interne et une isolation externe

7 Isolement pour matériel d'intérieur Isolement externe d'appareils destinés à être utilisés à l'intérieur des bâtiments et par conséquent à l'abri des intempéries

8 Isolement pour matériel d'extérieur Isolement externe d'appareils destinés à être utilisés à l'extérieur des bâtiments et pouvant, en conséquence, être soumis aux intempéries

9 Essai de type Essai exécuté sur un seul appareil d'un même modèle. Cet essai est exécuté en vue de démontrer que tous les appareils de la spécification considérée et ayant les mêmes détails essentiels seraient capables de supporter le même essai. Il n'est en général pas répété à chaque fourniture

10 Essai individuel Essai appliqué à tous les appareils d'une série

11 Un réseau à neutre isolé est un réseau dont le neutre n'a aucune connexion intentionnelle à la terre sauf à travers des appareils de signalisation, de mesure et de protection, de très grande impédance

12 Un réseau compensé par bobine d'extinction est un réseau dont le neutre est réuni à la terre par une bobine dont la réactance est de valeur telle que lors d'un défaut entre une phase du réseau et la terre, le courant inductif à fréquence industrielle qui circule entre le défaut et la bobine neutralise essentiellement la composante capacitive à fréquence fondamentale du courant de défaut

Nota : Dans un réseau compensé par bobine d'extinction, le courant de défaut résultant est limité de telle sorte que l'arc de défaut dans l'air s'éteigne spontanément

13 Un réseau à neutre à la terre est un réseau dont le neutre est relié à la terre soit directement, soit par une résistance ou réactance de valeur assez faible pour réduire les oscillations transitoires et laisser passer un courant suffisant pour la protection sélective de terre

a) **Un réseau à neutre effectivement à la terre** est un réseau dans lequel la tension efficace la plus élevée entre une phase du réseau et la terre qui apparaît sur la ou les phases saines en cas de défaut à la terre d'une phase quel que soit l'emplacement du défaut, est au plus égale à 80 % de la tension entre phases la plus élevée du réseau

Nota : Cette condition est approximativement réalisée quand le rapport de la réactance homopolaire à la réactance directe est inférieur à 3 et le rapport de la résistance homopolaire à la réactance directe est inférieur à 1 pour toutes les configurations du système

b) **Un réseau à neutre non effectivement à la terre** est un réseau dont le neutre est mis à la terre dans des conditions telles que la tension la plus élevée entre phase et terre qui apparaît sur les phases saines en cas de défaut à la terre d'une phase du réseau peut dépasser 80 % de la tension entre phases du réseau

6 **Internal insulation** is the insulation of the internal parts of apparatus which is not subject to the effect of atmospheric and external conditions such as humidity, dust, vermin, pollution, etc

Example : Oil-immersed insulation

Note : All apparatus, except those with sealed cable terminals, have both internal and external insulation

7 **Indoor insulation** is external insulation which is designed to operate inside buildings and consequently not exposed to the weather

8 **Outdoor insulation** is external insulation which is designed to operate outside buildings and consequently exposed to the weather

9 **A type test** is a test of one piece of apparatus intended to show that all pieces of apparatus made to the same specification and having the same essential details would pass an identical test; it is usually not repeated on different deliveries

10 **A routine test** is a test to which each piece of apparatus is subjected

11 **An isolated neutral system** is a system which has no intentional connection to earth except through indicating, measuring, or protective devices of very high impedance

12 **A resonant earthed system (a system earthed through an arc-suppression coil)** is a system earthed through a reactor, the reactance being of such value that during a single line-to-earth fault, the power-frequency inductive current passed by this reactor essentially neutralizes the power-frequency capacitance component of the earth-fault current

Note : With resonant earthing of a system, the net current in the fault is limited to such an extent that an arcing fault in air would be self-extinguishing

13 **An earthed neutral system** is a system in which the neutral is connected to earth, either solidly, or through a resistance or reactance of low enough value to reduce materially transient oscillations and to give a current sufficient for selective earth fault protection

(a) **An effectively earthed neutral system** is a system in which during a line-to-earth fault the highest r.m.s. voltage to earth of the sound phase or phases expressed as a percentage of the highest line-to-line voltage does not exceed 80%, irrespective of the fault location

Note : This condition is obtained approximately when, for all system configurations, the ratio of zero-sequence reactance to the positive-sequence reactance is less than three and the ratio of zero-sequence resistance to positive-sequence reactance is less than one

(b) **A non-effectively earthed neutral system** is a system in which the neutral is so connected to earth that during a line-to-earth fault the highest voltage to earth of the sound phases may exceed 80% of the line-to-line voltage

III — PRINCIPES DE BASE DE LA COORDINATION DES ISOLEMENTS

On entend par *Coordination des Isolements* l'ensemble des dispositions prises en vue d'éviter que des dommages ne soient causés au matériel électrique par les surtensions et de localiser les amorçages (lorsqu'il est impossible de les empêcher économiquement) en des points où ils ne peuvent pas causer de dommages. On y parvient en établissant la corrélation nécessaire entre les conditions de tenue de l'isolation du matériel électrique et les caractéristiques des dispositifs de protection contre les surtensions, respectivement caractérisées par un niveau de tenue au choc et un niveau de protection au choc, comme il est indiqué ci-dessous.

Surtensions considérées

Ces surtensions peuvent être d'origine atmosphérique ou être engendrées dans le réseau lui-même.

Les surtensions atmosphériques sont causées par la foudre et peuvent atteindre des valeurs très élevées, mais on peut limiter leur amplitude par des dispositifs de protection appropriés.

Les surtensions engendrées dans le réseau lui-même peuvent généralement être limitées en agissant sur les appareils de coupure eux-mêmes, sur la structure du réseau, ou par des dispositifs de protection appropriés.

Conditions de tenue de l'isolation d'un matériel

Les conditions de tenue de l'isolation d'un matériel conçu pour situation exposée, s'expriment pour l'objet des présentes recommandations, par son niveau de tenue au choc, spécifié par une valeur de crête de tension de choc, et par la valeur efficace de tension alternative à fréquence industrielle que l'appareil doit pouvoir supporter aux essais d'une minute dans des conditions spécifiées.

Caractéristiques des dispositifs de protection

Un dispositif de protection est caractérisé par son niveau de protection au choc c'est-à-dire par la tension de crête la plus élevée qui peut apparaître à ses bornes dans des conditions spécifiées. Les niveaux de tenue des appareils indiqués dans les présentes directives ont été déterminés en vue de permettre leur corrélation avec les niveaux de protection que peuvent assurer les dispositifs de protection contre les surtensions que l'on trouve sur le marché.

IV — NIVEAUX D'ISOLEMENT NORMALISÉS

Le *niveau d'isolement* d'un matériel est défini par la combinaison des valeurs de tension (à la fois à fréquence industrielle et au choc) qui caractérisent l'isolation de ce matériel relativement à son aptitude à supporter les contraintes diélectriques.

Les tableaux ci-après donnent la liste des niveaux d'isolement normalisés.

La première colonne de ces tableaux indique la valeur U_m de la tension la plus élevée du réseau (1).

Les *valeurs des tensions de tenue au choc* indiquées dans les tableaux pour une tension la plus élevée de réseau donnée sont celles qui conviennent aux réseaux normaux. Si pour des raisons spéciales (ins-

1) L'attention est attirée sur ce qu'il ne faut pas confondre cette tension U_m avec la tension nominale du réseau U_n . C'est à la tension la plus élevée du réseau seule que se rapportent les conditions d'isolation du matériel. Pour les tensions normales des réseaux, voir la Publication C E I n° 38.

III — BASIC PRINCIPLES OF INSULATION CO-ORDINATION

Insulation co-ordination consists of the steps taken to prevent damage to electrical equipment due to overvoltages and to localize flashovers (when they cannot be economically prevented) to points where they will cause no damage. It is accomplished by establishing the necessary correlation between the insulation strength of electrical apparatus and the characteristics of the protective devices against overvoltages, as respectively characterized by an impulse withstand level and an impulse protection level, as stated below.

Overvoltages considered

These may be either overvoltages of atmospheric origin or generated within the system.

Overvoltages of atmospheric origin are caused by lightning and can attain very high values, but their amplitude can be limited by appropriate protective devices.

The overvoltages generated in the system itself can generally be limited by the design of the switching devices themselves, by suitable arrangement of the system, or by the provision of appropriate protective apparatus.

Insulation strength of apparatus

The insulation strength of apparatus for use in exposed installations is expressed, for the purpose of these recommendations, in terms of the crest value of an impulse voltage called its impulse withstand level, and the r m s value of the one-minute power-frequency voltage, which the apparatus can withstand during tests made under specified conditions.

Characteristics of protective devices.

A protective device is characterized by its impulse protection level, that is, the highest voltage (crest value) which appears at its terminals under specified conditions. Insulation withstand levels of apparatus given in this recommendation have been determined with a view to obtain correlation with the protection levels of the overvoltage protective devices which are commercially available.

IV — STANDARD INSULATION LEVELS

The *insulation level* of an apparatus is defined as that combination of voltage values (both power-frequency and impulse) which characterizes the insulation of the apparatus with regard to its capability of withstanding the dielectric stresses.

The following tables give the list of standard insulation levels.

The first column gives the highest system voltage U_m (1).

The *impulse withstand values* indicated in the tables for a given highest system voltage are those suitable for normal systems. If for special reasons (apparatus more or less exposed to lightning, more

(1) Attention is drawn to the fact that voltage U_m should not be mistaken for the rated system voltage U_n . All questions related to the insulation of apparatus are referred to the highest system voltage only. For standard system voltages see IEC Publication No. 38.

tallation plus ou moins exposée à la foudre, à la pollution des surfaces isolantes dans l'air, ou plus ou moins efficacement protégée) on est conduit à choisir une valeur différente, il est recommandé dans un but de normalisation de la choisir parmi les valeurs normalisées du tableau

Les essais de tenue au choc doivent être faits à sec aussi bien pour le matériel d'extérieur que d'intérieur

Nota : Il est reconnu que la coordination doit être réalisée aussi bien sous pluie qu'à sec. La nécessité de vérifier cette condition par des essais de choc sous pluie est à l'étude; jusqu'à nouvel ordre, l'essai de choc sera exécuté à sec aussi bien pour le matériel d'extérieur que d'intérieur

Les valeurs des tensions de tenue à fréquence industrielle sont des *minima* applicables à toutes les catégories de matériel d'intérieur ou d'extérieur. Ces valeurs s'entendent pour des essais sous pluie dans le cas de l'isolement pour matériel d'extérieur

Nota : Pour les essais à sec et sous pluie de certains matériels, des valeurs légèrement plus élevées pourront être adoptées par les comités spécialisés. Cependant, les différents comités ne doivent pas choisir sans justification sérieuse des valeurs différentes

or less subject to atmospheric contamination or more or less effectively protected) it is considered necessary to choose a different value, it is recommended, in order to obtain standardization, that these should be taken from the standard values given in the table

The impulse voltage test shall be made with the apparatus dry both for outdoor and indoor equipment

Note : It is recognized that coordination should equally be obtained under rain as well as under dry conditions. The necessity of verifying this by wet impulse tests is under consideration; provisionally the impulse voltage test is made with the apparatus dry both for indoor and outdoor equipment

The power-frequency test withstand voltage values are minima applicable to all types of apparatus, both indoor and outdoor. For outdoor insulation these values apply to tests made under wet conditions

Note : For the wet and dry tests of some types of apparatus, slightly higher values may be chosen by the relevant committees. However, the various committees should not choose different values without serious justification

TABLEAU DES NIVEAUX D'ISOLEMENT NORMALISÉS

1 Gamme des tensions au-dessous de $U_m = 100 \text{ kV}$

Dans cette gamme il est indiqué deux séries dites série I et série II correspondant l'une et l'autre à des valeurs suivant lesquelles de nombreux matériels ont été et sont actuellement réalisés

Il est recommandé à chaque Comité national d'utiliser seulement une de ces deux séries

SÉRIE I (basée sur la pratique courante en Europe)

Tension la plus élevée du réseau (entre phases) U_m kV (eff)	Tension de tenue au choc onde 1/50 positive et négative kV (crête)	Tension de tenue à fréquence industrielle 1 minute kV (eff)
3,6	45	16
7,2	60	22
12	75	28
17,5	95	38
24	125	50
36	170	70
52	250	95
72,5	325	140

SÉRIE II (basée sur la pratique courante aux Etats-Unis et au Canada)

Tension la plus élevée du réseau (entre phases) U_m kV (eff)	Tension de tenue au choc onde 1/50 positive et négative kV (crête)	Tension de tenue à fréquence industrielle 1 minute kV (eff)
2,75	45 60 75	15
2,75/4,76 5,5	60 75 95	19
8,25 5,5/9,52	75 95 110	26
13,2 7,92/13,7 8,32 14,5	95 110	34
14,5 15,5		
25,8	150	50
31,0 38,0	200	70
48,3	250	95
72,5	350	140

TABLE OF STANDARD INSULATION LEVELS

1 Range of voltages below $U_m = 100$ kV

In this range of voltages, two series are indicated, Series I and Series II, both corresponding to values according to which many apparatus have been and are at present designed

It is recommended that only one of the two series be used in any one country

SERIES I (based on current practice in Europe)

Highest system voltage (line-to-line) U_m kV (r m s)	Impulse withstand voltage 1/50 wave positive and negative polarity kV (crest)	One-minute power-frequency test withstand voltage kV (r m s)
3.6	45	16
7.2	60	22
12	75	28
17.5	95	38
24	125	50
36	170	70
52	250	95
72.5	325	140

SERIES II (based on current practice in U S A and Canada)

Highest system voltage (line-to-line) U_m kV (r m s)	Impulse withstand voltage 1/50 wave positive and negative polarity kV (crest)	One-minute power-frequency test withstand voltage kV (r m s)
2.75	45 60 75	15
2.75/4.76 5.5	60 75 95	19
8.25 5.5/9.52	75 95 110	26
13.2 7.92/13.7 8.32/14.5	95 110	34
14.5 15.5		
25.8	150	50
31.0 38.0	200	70
48.3 72.5	250 350	95 140

Notes applicables à la série II

1 Lorsque deux valeurs sont indiquées dans la première colonne, elles correspondent à des réseaux à 4 fils; la valeur inférieure est alors la tension simple et la valeur supérieure est la tension composée. Lorsqu'une seule valeur est indiquée, elle représente la tension composée de réseaux à trois fils.

2 Pour les réseaux jusqu'à 14,5 kV inclus, le tableau indique pour chaque tension de réseau plusieurs tensions de tenue au choc.

Cela correspond à la pratique de:

- a) prévoir pour certains équipements monophasés un niveau d'isolement permettant de les coupler en étoile et de les faire fonctionner à une tension égale à $\sqrt{3}$ fois leur tension normale,
- b) prévoir pour certains matériels importants un niveau d'isolement plus élevé que pour le matériel de distribution ordinaire de même tension normale.

2 Gamme des tensions à partir de $U_m = 100$ kV

A partir de U_m égal à 100 kV, on considère deux valeurs de tensions choc et fréquence industrielle pour chaque tension U_m :

- la valeur correspondant à la pleine isolation, applicable à des appareils placés sur des réseaux à neutre isolé ou compensés par bobine d'extinction ou non effectivement à la terre
- la valeur correspondant à l'isolation réduite, qui ne peut être appliquée que si le réseau est à neutre effectivement à la terre.

Tension la plus élevée du réseau (entre phases) U_m kV (eff)	Tension de tenue au choc onde 1/50 positive et négative		Tension de tenue à fréquence industrielle 1 minute	
	pleine isolation kV (crête)	isolation réduite kV (crête)	pleine isolation kV (eff)	isolation réduite kV (eff)
100	450	380	185	150
123	550	450	230	185
145	650	550	275	230
170	750	650	325	275
245	1 050	900	460	395
300	—	1 050	—	460
400	—	(1)	—	(1)

En général, en passant de pleine isolation à isolation réduite on descend d'un échelon les tensions de tenue.

Pour les valeurs de tension U_m égales ou supérieures à 245 kV, des tensions de tenue d'isolement plus réduites peuvent être considérées si des niveaux de protection convenables peuvent être obtenus. Pour U_m égal à 245 kV les valeurs de 825 kV pour la tension de tenue au choc et de 360 kV pour la tension de tenue à fréquence industrielle ont été suggérées et adoptées dans quelques cas.

Pour U_m égal à 300 et 400 kV les valeurs correspondantes seront fixées ultérieurement.

Pour les valeurs de tension U_m de 300 et 400 kV il n'est pas indiqué de valeur de tensions de tenue pour la pleine isolation car les réseaux à neutre isolé ou compensés par bobine d'extinction ou à neutre non effectivement à la terre ne sont pas envisagés à ces très hautes tensions.

1) Valeurs en cours d'étude

Notes applicable to Series II

1 Where two values are indicated in the first column they refer to four-wire systems and the lower value is the voltage between conductors and neutral; the higher value is the voltage between conductors. Where only one value is indicated, it is the voltage between conductors of 3-wire systems.

2 For system voltages up to and including 145 kV, more than one impulse value is given for each system voltage.

This conforms with the practice of:—

- providing an insulation level for some single-phase equipment which will make it suitable for star connection and operation at a voltage equal to $\sqrt{3}$ times its voltage rating;
- providing a higher insulation level for some important equipment than for ordinary distribution equipment of the same voltage rating.

2 Range of voltages from $U_m = 100$ kV upwards

From $U_m = 100$ kV upwards, two values of impulse and power-frequency test voltage are considered for each value U_m —

- the full insulation value for apparatus on isolated neutral or resonant earthed systems or non-effectively earthed systems,
- the reduced insulation value, which may only be used if the system is effectively earthed.

Highest system voltage (line-to-line) U_m kV (r m s)	Impulse withstand voltage 1/50 wave positive and negative polarity		One-minute power-frequency test withstand voltage	
	full insulation kV (crest)	reduced insulation kV (crest)	full insulation kV (r m s)	reduced insulation kV (r m s)
100	450	380	185	150
123	550	450	230	185
145	650	550	275	230
170	750	650	325	275
245	1 050	900	460	395
300	—	1 050	—	460
400	—	(1)	—	(1)

The reduced value is usually one step lower than the full value.

For values of U_m equal to or higher than 245 kV, still more reduced insulation values may be considered if suitable protection levels can be attained; for U_m equal to 245 kV the values 825 kV for the impulse withstand value and 360 kV for the power-frequency value have been suggested, and adopted in some cases. For U_m equal to 300 and 400 kV the corresponding values will be settled subsequently.

For U_m equal to 300 and 400 kV no full insulation value is indicated as unearthed or non-effectively earthed systems or resonant earthed systems in this range are not considered.

(1) These values are under consideration.